

**PRARANCANGAN PABRIK *BUTYL ETHANOATE* DARI  
*ACETIC ACID* DAN N-BUTANOL DENGAN KAPASITAS  
44.000 TON/TAHUN  
(Tugas Khusus Perancangan Menara Distilasi (MD-301))**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**KANESIA NATALIE YOBEL  
1915041006**



**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2024**

## ABSTRAK

### PRARANCANGAN PABRIK PABRIK *BUTYL ETHANOATE* DARI *ACETIC ACID* DAN *N-BUTANOL* DENGAN KAPASITAS 44.000 TON/TAHUN (Perancangan Menara Distilasi – 301 (MD-301))

Oleh

KANESIA NATALIE YOBEL

Butil Etanoat adalah salah satu bahan kimia industri dengan kegunaan sebagai pelarut, cat, dan pelapis. Proses produksi Butil Etanoat dilakukan dengan proses esterifikasi antara asam asetat dan butanol. Kebutuhan utilitas pabrik dalam bentuk sistem pengolahan dan penyediaan air, penyediaan uap, air pendingin, dan sistem pembangkit listrik. Pabrik direncanakan dibangun di Gresik, Jawa Timur dan beroperasi dengan kapasitas produksi 44.000 ton/tahun dengan 330 hari kerja dalam 1 tahun. Tenaga kerja dibutuhkan sebanyak 147 orang, pabrik berbentuk badan usaha Perseroan Terbatas (PT) dan struktur organisasi *line and staff*.

Dari analisis ekonomi diperoleh:

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI)	= Rp 854.318.736.854
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI)	= Rp 213.579.684.214
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI)	= Rp 1.067.898.421.068
<i>Break Even Point</i>	(BEP)	= 45,38%
<i>Shut Down Point</i>	(SDP)	= 27,71%
<i>Pay Out Time before taxes</i>	(POT) <sub>b</sub>	= 2,03 years
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT) <sub>a</sub>	= 2,41 years
<i>Return on Investment before taxes</i>	(ROI) <sub>b</sub>	= 31,36%
<i>Return on Investment after taxes</i>	(ROI) <sub>a</sub>	= 25,08%
<i>Discounted cash flow</i>	(DCF)	= 32,16%

Berdasarkan paparan di atas, maka pendirian pabrik Butil Etanoat dinilai layak untuk dipertimbangkan kedepannya karena menguntungkan secara ekonomi dan memiliki masa depan yang relatif menjanjikan.

Kata kunci: esterifikasi, *line and staff*,  $C_6H_{12}O_2$

## ABSTRACT

### DESIGN OF BUTYL ETHANOATE FACTORY FROM ACETIC ACID DAN N-BUTANOL CAPACITY 44.000 TON/YEAR (Design of Distillation Column – 301 (MD-301))

By

**KANESIA NATALIE YOBEL**

Butyl Ethanoate is one of the industrial chemicals with uses as solvents, paints, and coatings. Butyl Ethanoate production process is carried out by esterification process between acetic acid and butanol. Plant utility needs in the form of water treatment and supply systems, steam supply, cooling water, and power generation systems. The plant is planned to be built in Gresik, East Java and operate with a production capacity of 44,000 tons/year with 330 working days in 1 year. The required workforce is 147 people, the factory is established in the form of a Limited Liability Company (PT) and a line and staff organizational structure.

From the economic analysis obtained:

Fixed Capital Investment	(FCI)	= Rp 854.318.736.854
Working Capital Investment	(WCI)	= Rp 213.579.684.214
Total Capital Investment	(TCI)	= Rp 1.067.898.421.068
Break Even Point	(BEP)	= 45,38%
Shut Down Point	(SDP)	= 27,71%
Pay Out Time before taxes	(POT) <sub>b</sub>	= 2,03 years
Pay Out Time after taxes	(POT) <sub>a</sub>	= 2,41 years
Return on Investment before taxes	(ROI) <sub>b</sub>	= 31,36%
Return on Investment after taxes	(ROI) <sub>a</sub>	= 25,08%
Discounted cash flow	(DCF)	= 32,16%

Based on the above explanation, the establishment of a Butyl Ethanoate plant is considered feasible to consider in the future because it is economically profitable and has a relatively promising future.

Key words: esterification, line and staff, C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>2</sub>

**PRARANCANGAN PABRIK *BUTYL ETHANOATE* DARI  
*ACETIC ACID* DAN N-BUTANOL DENGAN KAPASITAS  
44.000 TON/TAHUN  
(Tugas Khusus Perancangan Menara Distilasi – 301 (MD-301))**

Oleh

**KANESIA NATALIE YOBEL  
1915041006**

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Kimia  
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2024**

Judul Skripsi : **PRARANCANGAN PABRIK BUTYL ETHANOATE  
DARI ACETIC ACID DAN N-BUTANOL  
KAPASITAS 44.000 TON/TAHUN  
(Tugas Khusus Perancangan Menara Distilasi  
(MD-301))**

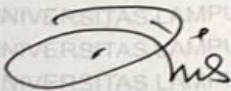
Nama Mahasiswa : **Kanesia Natalie Yobel**

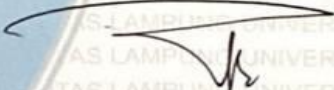
No. Pokok Mahasiswa : 1915041006

Program Studi : Teknik Kimia

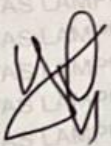
Fakultas : Teknik



  
**Dr. Herti Utami, S.T., M.T.**  
NIP. 197112192000032001

  
**Dr. Elida Purba, S.T., M.Sc.**  
NIP. 196809021997022005

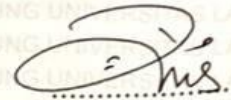
Ketua Jurusan Teknik Kimia

  
**Yuli Darni, S.T., M.T.**  
NIP. 197407122000032001

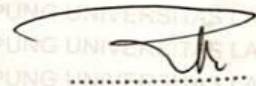
**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

**Ketua : Dr. Herti Utami, S.T., M.T.**



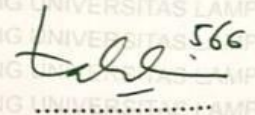
**Sekretaris : Dr. Elida Purba, S.T., M.Sc.**



**Penguji  
Bukan Pembimbing : Dr. Sri Ismiyati Damayanti, S.T., M.T.**



**Taharuddin, S.T., M.Sc.**



**2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.**  
NIP. 197509282001121002

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 20 Mei 2024**

## SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan oleh orang lain dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atas pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana diterbitkan dalam daftar pustaka, selain itu saya menyatakan pada skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai hukum yang berlaku.

Bandarlampung, 11 Juni 2024



Kanesia Natalie Yobel

NPM. 1915041006

## RIWAYAT HIDUP



Kanesia Natalie Yobel, penulis dilahirkan di Metro, pada tanggal 23 Desember 2000, sebagai putri bungsu dari tiga bersaudara, dari pasangan Bapak Ignatius Eddy Irvan dan Ibu Elisabeth Titin Suwartini. Penulis menyelesaikan pendidikan di Taman Kanak – Kanak Xaverius Metro pada tahun 2009, Sekolah Dasar di SD Xaverius Metro diselesaikan pada tahun 2013, Sekolah Menengah Pertama di SMP Xaverius Metro diselesaikan pada tahun 2016, dan Sekolah Menengah Atas di SMA Kristen 1 Metro diselesaikan pada tahun 2019.

Pada tahun 2019, penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) tahun 2019. Pada tahun 2022, penulis melakukan Kerja Praktek di PT Madubaru PG Madukismo dengan Tugas Khusus “Optimasi Rasio Pembagian Air Imbibisi 1 dan Imbibisi 2 pada Stasiun Gilingan”. Selain itu, penulis melakukan penelitian dengan judul “Perbandingan Produktivitas Mikroalga *Spirulina* sp., *Dunaliella* sp., & *Nitzschia* sp. dengan Kombinasi Mutasi EMS dan UV-C Berdasarkan Kandungan Biomassa dan Lipid per Liter Kultur” di Laboratorium Kimia Terapan, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

Selama kuliah penulis aktif dalam organisasi kemahasiswaan antara lain sebagai Staff Departemen Kerohanian HIMATEMIA FT UNILA periode 2020 dan menjadi Sekretaris Departemen Kerohanian HIMATEMIA FT UNILA periode 2021.



## *Motto dan Persembahan*

“If you never bleed, you’re never gonna grow!”

– Taylor Swift

“And, when you want something, all the universe  
conspires in helping you to achieve it.”

– Paulo Coelho, *The Alchemist*

“Segala perkara dapat kutanggung di dalam Dia yang  
memberi kekuatan kepadaku.”

– Filipi 4:13

“When the time is right, I, the Lord, will make it happen.”

– Isaiah 60:22

# *Sebuah Karyaku...*

*Dengan sepenuh hati kupersembahkan tugas akhir ini kepada:*

*Tuhan Yesus Kristus..*

*Karena segala penyertaan dan pertolongan-Nya aku tetap bisa berdiri tegar.*

*Ayah, Ibu dan Seluruh Keluargaku..*

*Terimakasih atas segala kasih sayang, doa yang luar biasa, dukungan secara moril dan materil.*

*Terimakasih atas pengorbanan dan kerja keras kalian selama ini.*

*Guru-guruku..*

*Sebagai tanda hormatku, terima kasih atas segala ilmu yang telah diberikan.*

*Diri Sendiri..*

*Terimakasih telah memutuskan untuk tetap  
berjuang dan tidak menyerah, selalu mampu  
menguatkan dan meyakinkan tanpa jeda bahwa  
semua akan selesai pada waktunya.*

*Sahabat-sahabatku..*

*Terimakasih atas dukungan, bantuan, dan waktu  
bersama selama ini.*

*Dan tak lupa kupersembahkan kepada  
Almamaterku tercinta, semoga kelak berguna  
dikemudian hari*

## SANWACANA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini yang berjudul “Prarancangan Pabrik *Butyl Ethanoate* dari *Acetic Acid* dan Butanol dengan Kapasitas 44.000 ton/tahun” sesuai dengan waktu yang telah ditentukan.

Tugas akhir ini merupakan salah satu dari mata kuliah wajib sebagai syarat untuk memperoleh derajat kesarjanaan (S-1) di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari beberapa pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Tuhan Yesus Kristus atas karunia-Nya dalam penyelesaian tugas akhir ini.
2. Keluargaku tercinta, Papa, Mama, Kak Acis dan Kak Ria yang selalu memberikan kasih sayang, nasihat, motivasi, semangat dan doa yang tiada henti sehingga penulis bisa menyelesaikan tugas akhir ini,
3. Ibu Yuli Darni, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung yang telah banyak memberikan arahan dan solusi.

4. Ibu Dr. Herti Utami, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing I, yang senantiasa meluangkan waktunya untuk memberi arahan, solusi, motivasi, masukan dan saran selama penyelesaian tugas akhir.
5. Ibu Dr. Elida Purba, S.T., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing II, yang telah memberikan ilmu, saran, semangat dan masukan selama penyelesaian tugas akhir.
6. Ibu Dr. Eng. Dewi Agustina Iryani, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah mengarahkan penulis dalam menjalankan perkuliahan.
7. Ibu Dr. Sri Ismiyati D, S.T., M.Eng., selaku Dosen Penguji I yang telah memberikan saran dan kritik, juga selaku dosen atas semua ilmu yang telah penulis dapatkan
8. Bapak Taharuddin, S.T., M.Sc., selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan saran dan kritik, juga selaku dosen atas semua ilmu yang telah penulis dapatkan.
9. Seluruh Dosen dan Civitas Akademika Teknik Kimia Universitas Lampung, atas semua ilmu dan bekal masa depan yang akan selalu bermanfaat.
10. *Partner* Tugas Akhir, Khansa Arikah Azalpa yang telah berjuang dengan keras dan semangat untuk bekerja bersama dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Terimakasih telah menjadi partner yang baik dan siap sedia selama penyelesaian tugas akhir yang penuh suka dan duka. Terimakasih untuk waktu segala yang sudah dikorbankan. Semoga apa yang kita

kerjakan dapat bermanfaat bagi kita dan juga orang lain. Sukses selalu dimanapun berada.

11. Jacky, Molen, dan Modi yang senantiasa memberikan semangat dan kebahagiaan kepada penulis.
12. *My gym partners* terimakasih banyak selalu memberikan semangat, doa, pengertian, dan motivasi kepada penulis, serta selalu berada disamping penulis dalam kondisi apapun.
13. BFC (Desra, Khansa, Faleh, Niki, Fadhil, Ikhsan) yang selalu memberi motivasi, semangat dan kasih sayang kepada penulis. Semoga kalian sukses dimanapun berada.
14. Teman-teman angkatan Teknik Kimia 2019 Universitas Lampung yang telah memberikan motivasi dan dukungan moral untuk penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
15. Kakak – kakak tingkat dan adik – adik tingkat di Teknik Kimia yang telah membantu dalam penyusunan tugas akhir ini.
16. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan tugas akhir ini.

Semoga Allah membalas semua kebaikan mereka terhadap penulis dan semoga tugas akhir ini dapat berguna bagi semua pihak.

Bandar Lampung, 1 April 2024

Penulis

Kanesia Natalie Yobel

1915041006

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>COVER .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>ii</b>
<b>INSIDE COVER.....</b>	<b>iv</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN .....</b>	<b>v</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>vi</b>
<b>SURAT PERNYATAAN .....</b>	<b>vii</b>
<b>RIWAYAT HIDUP .....</b>	<b>viii</b>
<b>MOTTO .....</b>	<b>ix</b>
<b>SANWACANA .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xxiv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xxx</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Kegunaan Produk .....	2
1.3. Ketersediaan Bahan Baku.....	2
1.4. Kapasitas Rancangan.....	3

1.4.1. Data Impor Butil Etanoat di Indonesia.....	3
1.4.2. Data Ekspor Butil Etanoat di Indonesia .....	4
1.4.3. Data Konsumsi Butil Etanoat di Indonesia .....	5
1.4.4. Produksi Butil Etanoat di Indonesia.....	6

## **BAB II TINJAUAN PROSES**

2.1. Macam-Macam Proses Pembuatan Butil Etanoat .....	9
2.2. Pemilihan Proses .....	10
2.2.1. Perhitungan Ekonomi Kasar Bahan Baku Dibutuhkan .....	11
2.2.2. Enthalpi Reaksi.....	20
2.2.3. Pemilihan Proses Meninjau dari Energi Gibbs ( $\Delta G^\circ$ ).....	22
2.3. Konstanta Keseimbangan Reaksi.....	27
2.4. Tinjauan Kinetika.....	28
2.5. Uraian Singkat Proses .....	29

## **BAB III SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK**

3.1. Spesifikasi Bahan Baku Utama .....	33
3.2. Spesifikasi Bahan Baku Penunjang .....	36
3.3. Spesifikasi Produk .....	38

## **BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS**

4.1. Neraca Massa.....	41
4.1.1. Neraca Massa <i>Heater</i> (HE-201) .....	41
4.1.2. Neraca Massa <i>Heater</i> (HE-202) .....	41
4.1.3. Neraca Massa <i>Heater</i> (HE-203) .....	42
4.1.4. Neraca Massa <i>Heater</i> (HE-204) .....	42
4.1.5. Neraca Massa <i>Mixed Point</i> (MP-101) .....	42



4.1.6. Neraca Massa Reaktor (RE-201).....	43
4.1.7. Neraca Massa <i>Cooler</i> (CO-201).....	43
4.1.8. Neraca Massa <i>Neutralizer</i> (NE-201).....	43
4.1.9. Neraca Massa <i>Decanter</i> (DC-301).....	44
4.1.10. Neraca Massa <i>Cooler</i> (CO-202).....	44
4.1.11. Neraca Massa <i>Heater</i> (HE-205).....	45
4.1.12. Neraca Massa Menara Distilasi (MD-301).....	45
4.1.13. Neraca Massa Reboiler (RB-301).....	46
4.1.14. Neraca Massa <i>Cooler</i> (CO-203).....	46
4.1.15. Neraca Massa <i>Condensor</i> (CD-301).....	46
4.1.16. Neraca Massa <i>Accumulator</i> (ACC-301).....	47
4.1.17. Neraca Massa <i>Cooler</i> (CO-204).....	47
4.2. Neraca Panas.....	47
4.2.1. Neraca Panas <i>Heater</i> (HE-201).....	47
4.2.2. Neraca Panas <i>Heater</i> (HE-202).....	48
4.2.3. Neraca Panas <i>Heater</i> (HE-203).....	48
4.2.4. Neraca Panas <i>Heater</i> (HE-204).....	48
4.2.5. Neraca Panas Reaktor (RE-201).....	49
4.2.6. Neraca Panas <i>Cooler</i> (CO-201).....	49
4.2.7. Neraca Panas <i>Neutralizer</i> (NE-201).....	50
4.2.8. Neraca Panas <i>Decanter</i> (DC-301).....	50
4.2.9. Neraca Panas <i>Cooler</i> (CO-202).....	50
4.2.10. Neraca Panas <i>Heater</i> (HE-205).....	51
4.2.11. Neraca Panas Menara Distilasi (MD-301).....	51

4.2.12. Neraca Panas <i>Cooler</i> (CO-203).....	51
4.2.13. Neraca Panas <i>Cooler</i> (CO-204).....	52

## **BAB V SPESIFIKASI PERALATAN PROSES DAN UTILITAS**

5.1. Peralatan Proses.....	53
5.1.1. <i>Storage Tank</i> CH <sub>3</sub> COOH (ST-101).....	53
5.1.2. <i>Storage Tank</i> C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> OH (ST-102).....	54
5.1.3. <i>Storage Tank</i> H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (ST-103).....	54
5.1.4. <i>Storage Tank</i> NaOH (ST-104).....	55
5.1.5. <i>Storage Tank</i> C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub> (ST-105).....	56
5.1.6. Reaktor (RE-201).....	56
5.1.7. Netralizer (NE-201).....	57
5.1.8. <i>Decanter</i> (DC-301).....	58
5.1.9. Menara Distilasi (MD-301).....	58
5.1.10. <i>Condensor</i> (CD-301).....	59
5.1.11. <i>Reboiler</i> (RB-301).....	59
5.1.12. <i>Accumulator</i> (ACC-301).....	60
5.1.13. <i>Heater</i> (HE-201).....	61
5.1.14. <i>Heater</i> (HE-202).....	61
5.1.15. <i>Heater</i> (HE-203).....	62
5.1.16. <i>Heater</i> (HE-204).....	62
5.1.17. <i>Heater</i> (HE-205).....	63
5.1.18. <i>Cooler</i> (CO-201).....	64
5.1.19. <i>Cooler</i> (CO-202).....	64
5.1.20. <i>Cooler</i> (CO-203).....	64

5.1.21. <i>Cooler</i> (CO-204) .....	66
5.1.22. Pompa Proses (PP-101) .....	66
5.1.23. Pompa Proses (PP-102) .....	67
5.1.24. Pompa Proses (PP-103) .....	67
5.1.25. Pompa Proses (PP-104) .....	68
5.1.26. Pompa Proses (PP-105) .....	69
5.1.27. Pompa Proses (PP-106) .....	69
5.1.28. Pompa Proses (PP-107) .....	70
5.1.29. Pompa Proses (PP-108) .....	70
5.1.30. Pompa Proses (PP-109) .....	71
5.1.31. Pompa Proses (PP-110) .....	71
5.2. Peralatan Utilitas .....	72
5.2.1. Bak Sedimentasi (BS-401) .....	72
5.2.2. Tangki Alum (ST-401).....	72
5.2.3. Tangki Kaporit (ST-402).....	73
5.2.4. Tangki Soda Kaustik (ST-403).....	74
5.2.5. <i>Clarifier</i> (CL-401).....	74
5.2.6. <i>Sand Filter</i> (SF-401).....	75
5.2.7. Tangki Air Filter (ST-404).....	76
5.2.8. <i>Hot Basin</i> (HB-401) .....	76
5.2.9. Tangki Asam Sulfat (ST-405) .....	77
5.2.10. Tangki Inhibitor (ST-406) .....	77
5.2.11. Tangki Dispersan (ST-407) .....	78
5.2.12. <i>Cooling Tower</i> (CT-401).....	79

5.2.13. <i>Cold Basin</i> (CB-401).....	79
5.2.14. <i>Cation Exchanger</i> (CE-401).....	80
5.2.15. <i>Anion Exchanger</i> (AE-401).....	80
5.2.16. <i>Tangki Demin Water</i> (ST-408).....	81
5.2.17. <i>Tangki Hidrazin</i> (ST-409).....	81
5.2.18. <i>Deaerator</i> (DE-401).....	82
5.2.19. <i>Boiler</i> (BO-401).....	83
5.2.20. <i>Tangki Bahan Bakar</i> (ST-410).....	83
5.2.21. <i>Blower Steam</i> (BST-401).....	84
5.2.22. <i>Generator Listrik</i> (GS-401).....	84
5.2.23. <i>Air Compressor</i> (AC-401).....	85
5.2.24. <i>Pompa Utilitas</i> (PU-401).....	85
5.2.25. <i>Pompa Utilitas</i> (PU-402).....	86
5.2.26. <i>Pompa Utilitas</i> (PU-403).....	86
5.2.27. <i>Pompa Utilitas</i> (PU-404).....	87
5.2.28. <i>Pompa Utilitas</i> (PU-405).....	87
5.2.29. <i>Pompa Utilitas</i> (PU-406).....	88
5.2.30. <i>Pompa Utilitas</i> (PU-407).....	88
5.2.31. <i>Pompa Utilitas</i> (PU-408).....	89
5.2.32. <i>Pompa Utilitas</i> (PU-409).....	90
5.2.33. <i>Pompa Utilitas</i> (PU-410).....	90
5.2.34. <i>Pompa Utilitas</i> (PU-411).....	91
5.2.35. <i>Pompa Utilitas</i> (PU-412).....	91
5.2.36. <i>Pompa Utilitas</i> (PU-413).....	92

5.2.37. Pompa Utilitas (PU-414) .....	92
5.2.38. Pompa Utilitas (PU-415) .....	93
5.2.39. Pompa Utilitas (PU-416) .....	93
5.2.40. Pompa Utilitas (PU-417) .....	94
5.2.41. Pompa Utilitas (PU-418) .....	94
5.2.42. Pompa Utilitas (PU-419) .....	95
5.2.43. Pompa Utilitas (PU-420) .....	95
5.2.44. Pompa Utilitas (PU-421) .....	96
5.2.45. Pompa Utilitas (PU-422) .....	96
5.2.46. Bak Penampung Limbah (L-401).....	97

## **BAB VI UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH**

6.1. Unit Penyediaan Air .....	98
6.2. Unit Penyediaan <i>Steam</i> .....	115
6.3. Unit Penyedia Tenaga Listrik.....	116
6.4. Unit Penyedia Udara Tekan .....	121
6.5. Unit Penyedia Bahan Bakar .....	121
6.6. Unit Pengolahan Limbah.....	122
6.7. Laboratorium.....	123
6.8. Instrumen dan Pengendalian Proses.....	126

## **BAB VII TATA LETAK DAN LOKASI PABRIK**

7.1. Lokasi Pabrik.....	129
7.2. Tata Letak Pabrik .....	132
7.3. Estimasi Area Pabrik.....	135

## **BAB VIII MANAJEMEN DAN ORGANISASI**

8.1. Bentuk Perusahaan .....	141
8.2. Struktur Organisasi Perusahaan .....	144
8.3. Tugas dan Wewenang .....	147
8.4. Kepala Bagian .....	149
8.5. Kepala Seksi .....	153
8.6. Status Karyawan dan Sistem Penggajian .....	154
8.7. Pembagian Jam Kerja Karyawan .....	155
8.7.1. Karyawan Reguler .....	156
8.7.2. Karyawan <i>Shift</i> .....	156
8.8. Penggolongan Jabatan dan Jumlah Karyawan .....	158
8.8.1. Penggolongan Jabatan .....	158
8.8.2. Perincian Jumlah Karyawan .....	159
8.9. Kesejahteraan Karyawan .....	162
8.10. Kesehatan dan Keselamatan Kerja .....	163

## **BAB IX INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI**

9.1. Investasi .....	167
9.2. Evaluasi Ekonomi .....	172
9.3. Angsuran Pinjaman .....	175
9.4. Penentuan Tingkat Risiko Pabrik .....	176

## **BAB X SIMPULAN DAN SARAN**

10.1. Simpulan .....	178
10.2. Saran .....	179

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN A**

**LAMPIRAN B**

**LAMPIRAN C**

**LAMPIRAN D**

**LAMPIRAN E**

**LAMPIRAN F**

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.1.</b> Data Statistik Impor Butil Etanoat .....	3
<b>Tabel 1.2.</b> Data Statistik Ekspor Butil Etanoat.....	4
<b>Tabel 1.3.</b> Data Konsumsi Butil Etanoat di Indonesia .....	6
<b>Tabel 1.4.</b> Data Produksi Butil Etanoat di Indonesia .....	7
<b>Tabel 2.1.</b> Harga Bahan Baku dan Produk Proses I .....	11
<b>Tabel 2.2.</b> Harga Bahan Baku dan Produk Proses II .....	14
<b>Tabel 2.3.</b> Harga Bahan Baku dan Produk Proses III.....	17
<b>Tabel 2.4.</b> $\Delta H^{\circ}F$ Dari Setiap Komponen Pada Suhu $298,15^{\circ}K$ .....	20
<b>Tabel 2.5.</b> $\Delta H^{\circ}F$ Dari Setiap Komponen Pada Suhu $298,15^{\circ}K$ .....	21
<b>Tabel 2.6.</b> $\Delta H^{\circ}F$ Dari Setiap Komponen Pada Suhu $298,15^{\circ}K$ .....	22
<b>Tabel 2.7.</b> Harga Energi Gibbs Bahan Baku dan Produk Proses I .....	23
<b>Tabel 2.8.</b> Harga Energi Gibbs Bahan Baku dan Produk Proses II.....	24
<b>Tabel 2.9.</b> Harga Energi Gibbs Bahan Baku dan Produk Proses III.....	25
<b>Tabel 2.10.</b> Perbandingan Proses Produksi Butil Etanoat .....	26
<b>Tabel 4.1.</b> Neraca Massa <i>Heater</i> (HE-201) .....	41
<b>Tabel 4.2.</b> Neraca Massa <i>Heater</i> (HE-202) .....	41
<b>Tabel 4.3.</b> Neraca Massa <i>Heater</i> (HE-203) .....	42
<b>Tabel 4.4.</b> Neraca Massa <i>Heater</i> (HE-204) .....	42
<b>Tabel 4.5.</b> Neraca Massa <i>Mixed Point</i> (MP-101) .....	42
<b>Tabel 4.6.</b> Neraca Massa Reaktor (RE-201).....	43
<b>Tabel 4.7.</b> Neraca Massa <i>Cooler</i> (CO-201).....	43



<b>Tabel 4.8.</b> Neraca Massa <i>Neutralizer</i> (NE-201).....	43
<b>Tabel 4.9.</b> Neraca Massa <i>Decanter</i> (DC-301).....	44
<b>Tabel 4.10.</b> Neraca Massa <i>Cooler</i> (CO-202).....	44
<b>Tabel 4.11.</b> Neraca Massa <i>Heater</i> (HE-205).....	45
<b>Tabel 4.12.</b> Neraca Massa Menara Distilasi (MD-301) .....	45
<b>Tabel 4.13.</b> Neraca Massa <i>Reboiler</i> (RB-301) .....	46
<b>Tabel 4.14.</b> Neraca Massa <i>Cooler</i> (CO-203).....	46
<b>Tabel 4.15.</b> Neraca Massa <i>Condensor</i> (CD-301) .....	46
<b>Tabel 4.16.</b> Neraca Massa <i>Accumulator</i> (ACC-301).....	47
<b>Tabel 4.17.</b> Neraca Massa <i>Cooler</i> (CO-204).....	47
<b>Tabel 4.18.</b> Neraca Panas <i>Heater</i> (HE-201).....	47
<b>Tabel 4.19.</b> Neraca Panas <i>Heater</i> (HE-202).....	48
<b>Tabel 4.20.</b> Neraca Panas <i>Heater</i> (HE-203).....	48
<b>Tabel 4.21.</b> Neraca Panas <i>Heater</i> (HE-204).....	48
<b>Tabel 4.22.</b> Neraca Panas Reaktor (RE-201).....	49
<b>Tabel 4.23.</b> Neraca Panas <i>Cooler</i> (CO-201).....	49
<b>Tabel 4.24.</b> Neraca Panas <i>Neutralizer</i> (NE-201).....	50
<b>Tabel 4.25.</b> Neraca Panas <i>Decanter</i> (DC-301).....	50
<b>Tabel 4.26.</b> Neraca Panas <i>Cooler</i> (CO-202).....	50
<b>Tabel 4.27.</b> Neraca Panas <i>Heater</i> (HE-205).....	51
<b>Tabel 4.28.</b> Neraca Panas Menara Distilasi (MD-301) .....	51
<b>Tabel 4.29.</b> Neraca Panas <i>Cooler</i> (CO-203).....	51
<b>Tabel 4.30.</b> Neraca Panas <i>Cooler</i> (CO-204).....	52
<b>Tabel 5.1.</b> Spesifikasi <i>Storage Tank</i> CH <sub>3</sub> COOH (ST-101).....	53
<b>Tabel 5.2.</b> Spesifikasi <i>Storage Tank</i> C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> OH (ST-102) .....	54
<b>Tabel 5.3.</b> Spesifikasi <i>Storage Tank</i> H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (ST-103).....	54
<b>Tabel 5.4.</b> Spesifikasi <i>Storage Tank</i> NaOH (ST-104).....	55
<b>Tabel 5.5.</b> Spesifikasi <i>Storage Tank</i> C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub> (ST-105).....	56

<b>Tabel 5.6.</b> Spesifikasi Reaktor (RE-201).....	56
<b>Tabel 5.7.</b> Spesifikasi <i>Neutralizer</i> (NE-201).....	57
<b>Tabel 5.8.</b> Spesifikasi <i>Decanter</i> (DC-301).....	58
<b>Tabel 5.9.</b> Menara Distilasi (MD-301).....	58
<b>Tabel 5.10.</b> Spesifikasi <i>Condensor</i> (CD-301) .....	59
<b>Tabel 5.11.</b> Spesifikasi <i>Reboiler</i> (RB-301) .....	59
<b>Tabel 5.12.</b> Spesifikasi <i>Accumulator</i> (ACC-301).....	60
<b>Tabel 5.13.</b> Spesifikasi <i>Heater</i> (HE-201).....	61
<b>Tabel 5.14.</b> Spesifikasi <i>Heater</i> (HE-202).....	61
<b>Tabel 5.15.</b> Spesifikasi <i>Heater</i> (HE-203).....	62
<b>Tabel 5.16.</b> Spesifikasi <i>Heater</i> (HE-204).....	62
<b>Tabel 5.17.</b> Spesifikasi <i>Heater</i> (HE-205).....	63
<b>Tabel 5.18.</b> Spesifikasi <i>Cooler</i> (CO-201).....	64
<b>Tabel 5.19.</b> Spesifikasi <i>Cooler</i> (CO-202).....	64
<b>Tabel 5.20.</b> Spesifikasi <i>Cooler</i> (CO-203).....	65
<b>Tabel 5.21.</b> Spesifikasi <i>Cooler</i> (CO-204).....	66
<b>Tabel 5.22.</b> Spesifikasi Pompa Proses (PP-101) .....	66
<b>Tabel 5.23.</b> Spesifikasi Pompa Proses (PP-102) .....	67
<b>Tabel 5.24.</b> Spesifikasi Pompa Proses (PP-103) .....	67
<b>Tabel 5.25.</b> Spesifikasi Pompa Proses (PP-104) .....	68
<b>Tabel 5.26.</b> Spesifikasi Pompa Proses (PP-105) .....	69
<b>Tabel 5.27.</b> Spesifikasi Pompa Proses (PP-106) .....	69
<b>Tabel 5.28.</b> Spesifikasi Pompa Proses (PP-107) .....	70
<b>Tabel 5.29.</b> Spesifikasi Pompa Proses (PP-108) .....	70
<b>Tabel 5.30.</b> Spesifikasi Pompa Proses (PP-109) .....	71
<b>Tabel 5.31.</b> Spesifikasi Pompa Proses (PP-110) .....	71
<b>Tabel 5.23.</b> Spesifikasi Bak Sedimentasi (BS-401).....	72
<b>Tabel 5.24.</b> Spesifikasi Tangki Alum (ST-401) .....	72

<b>Tabel 5.25.</b> Spesifikasi Tangki Kaporit (ST-402) .....	73
<b>Tabel 5.26.</b> Spesifikasi Tangki Soda Kaustik (ST-403).....	74
<b>Tabel 5.27.</b> Spesifikasi <i>Clraifier</i> (CL-401) .....	74
<b>Tabel 5.28.</b> Spesifikasi <i>Sand Filter</i> (SF-401).....	75
<b>Tabel 5.29.</b> Spesifikasi Tangki Air <i>Filter</i> (ST-404).....	76
<b>Tabel 5.30.</b> Spesifikasi <i>Hot Basin</i> (HB-401).....	76
<b>Tabel 5.31.</b> Spesifikasi Tangki Asam Sulfat (ST-405).....	77
<b>Tabel 5.32.</b> Spesifikasi Tangki Inhibitor (ST-406) .....	77
<b>Tabel 5.33.</b> Spesifikasi Tangki Dispersan (ST-407) .....	78
<b>Tabel 5.34.</b> Spesifikasi <i>Cooling Tower</i> (CT-401) .....	79
<b>Tabel 5.35.</b> Spesifikasi <i>Cold Basin</i> (CB-401) .....	79
<b>Tabel 5.36.</b> Spesifikasi <i>Cation Exchanger</i> (CE-401) .....	80
<b>Tabel 5.37.</b> Spesifikasi <i>Anion Exchanger</i> (AE-401) .....	80
<b>Tabel 5.38.</b> Spesifikasi Tangki Air Kondensat (ST-408).....	81
<b>Tabel 5.39.</b> Spesifikasi Tangki Hidrazin (ST-409) .....	81
<b>Tabel 5.40.</b> Spesifikasi <i>Deaerator</i> (DE-401) .....	82
<b>Tabel 5.41.</b> Spesifikasi <i>Boiler</i> (BO-401).....	83
<b>Tabel 5.42.</b> Spesifikasi Tangki Bahan Bakar (ST-410).....	83
<b>Tabel 5.43.</b> Spesifikasi <i>Blower Steam</i> (BST-401).....	84
<b>Tabel 5.44.</b> Spesifikasi Generator (GS-401) .....	84
<b>Tabel 5.45.</b> Spesifikasi <i>Air Compressor</i> (AC-401) .....	85
<b>Tabel 5.55.</b> Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-401) .....	85
<b>Tabel 5.56.</b> Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-402) .....	86
<b>Tabel 5.57.</b> Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-403) .....	86
<b>Tabel 5.58.</b> Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-404) .....	87
<b>Tabel 5.59.</b> Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-405) .....	87
<b>Tabel 5.60.</b> Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-406) .....	88
<b>Tabel 5.61.</b> Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-407) .....	88

<b>Tabel 5.62.</b> Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-408) .....	89
<b>Tabel 5.63.</b> Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-409) .....	90
<b>Tabel 5.64.</b> Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-410) .....	90
<b>Tabel 5.65.</b> Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-411) .....	91
<b>Tabel 5.66.</b> Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-412) .....	91
<b>Tabel 5.67.</b> Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-413) .....	92
<b>Tabel 5.68.</b> Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-414) .....	92
<b>Tabel 5.69.</b> Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-415) .....	93
<b>Tabel 5.70.</b> Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-416) .....	93
<b>Tabel 5.71.</b> Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-417) .....	94
<b>Tabel 5.72.</b> Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-418) .....	94
<b>Tabel 5.73.</b> Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-419) .....	95
<b>Tabel 5.74.</b> Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-420) .....	95
<b>Tabel 5.75.</b> Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-421) .....	96
<b>Tabel 5.76.</b> Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-422) .....	96
<b>Tabel 5.77.</b> Spesifikasi Bak Penampung Limbah (L-401) .....	97
<b>Tabel 6.1.</b> Persyaratan Kualitas Air Pendingin .....	100
<b>Tabel 6.2.</b> Kebutuhan Air Pendingin.....	101
<b>Tabel 6.3.</b> Kebutuhan Air Umpan <i>Boiler</i> .....	105
<b>Tabel 6.4.</b> Kebutuhan Air Pabrik.....	106
<b>Tabel 6.5.</b> Kebutuhan Air Pemadam Kebakaran.....	114
<b>Tabel 6.6.</b> Kebutuhan Penerangan Area Bangunan.....	116
<b>Tabel 6.7.</b> Kebutuhan Penerangan Area Luar Bangunan .....	117
<b>Tabel 6.8.</b> Kebutuhan Listrik untuk Alat Proses .....	119
<b>Tabel 6.9.</b> Kebutuhan Listrik untuk Alat Utilitas .....	119
<b>Tabel 6.10.</b> Tingkatkan Kebutuhan Informasi dan Sistem Pengendalian .....	127
<b>Tabel 6.11.</b> Pengendalian Variabel Utama Proses.....	128
<b>Tabel 7.1.</b> Perincian Luas Area Pabrik Butil Etanoat.....	135

<b>Tabel 8.1.</b> Jadwal Kerja Masing-Masing Regu .....	157
<b>Tabel 8.2.</b> Perincian Tingkat Pendidikan .....	158
<b>Tabel 8.3.</b> Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat .....	160
<b>Tabel 8.4.</b> Jumlah Karyawan Berdasarkan Jabatan .....	161
<b>Tabel 9.1.</b> <i>Total Capital Investment</i> .....	168
<b>Tabel 9.2.</b> <i>Manufacturing Cost</i> .....	170
<b>Tabel 9.3.</b> <i>General Expenses</i> .....	170
<b>Tabel 9.4.</b> Biaya Administrasi .....	171
<b>Tabel 9.5.</b> <i>Minimum Acceptable Percent Return on Investment</i> .....	173
<b>Tabel 9.6.</b> <i>Minimum Acceptable Year Pay Out Time</i> .....	173
<b>Tabel 9.7.</b> Hasil Uji Kelayakan Ekonomi.....	176

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.1.</b> Grafik Impor Butil Etanoat.....	3
<b>Gambar 1.2</b> Grafik Ekspor Butil Etanoat .....	5
<b>Gambar 1.3.</b> Grafik Konsumsi Butil Etanoat .....	6
<b>Gambar 1.4.</b> Grafik Produksi Butil Etanoat .....	7
<b>Gambar 2.1</b> Diagram Alir Pembuatan Butil Etanoat.....	32
<b>Gambar 6.1.</b> <i>Cooling Tower</i> .....	103
<b>Gambar 6.2.</b> Diagram <i>Cooling Water System</i> .....	104
<b>Gambar 6.3.</b> Diagram Alir Pengolahan Air.....	107
<b>Gambar 7.1.</b> Peta Provinsi Jawa Timur .....	137
<b>Gambar 7.2.</b> Peta Kabupaten Gresik .....	137
<b>Gambar 7.3.</b> Area Sungai Bengawan Solo .....	138
<b>Gambar 7.4.</b> Tata Letak Peralatan Proses.....	138
<b>Gambar 7.5.</b> Tata Letak Pabrik dan Fasilitas Pendukung.....	139
<b>Gambar 8.1.</b> Struktur Organisasi Perusahaan.....	146
<b>Gambar 9.1.</b> Grafik Analisa Ekonomi .....	175
<b>Gambar 9.2.</b> Kurva <i>Cummulative Cash Flow</i> .....	176

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Kebutuhan bahan kimia di Indonesia semakin meningkat dari tahun ke tahun. Namun, hal ini belum diiringi dengan peningkatan bahan kimia yang diproduksi didalam negeri. Saat ini, kebutuhan bahan kimia di Indonesia masih dipenuhi dengan melakukan proses impor yang berasal dari negara-negara maju. Jika kuantitas impor ini dibiarkan begitu saja, maka kuantitas impor tersebut akan terus meningkat dari tahun ke tahun. Salah satu industri kimia yang masih belum dapat memenuhi permintaan di Indonesia adalah produksi Butil Etanoat. Butil Etanoat adalah cairan tidak berwarna dengan rumus kimia  $C_6H_{12}O_2$ , memiliki sifat mudah terbakar dengan titik didih  $126^{\circ}C$ . Di Indonesia jumlah Butil Etanoat semakin meningkat dari tahun ke tahun dan untuk pemenuhan kebutuhan tersebut masih diimpor dari luar negeri, seperti Jerman, Hongkong, Taiwan, dan Singapura.

Salah satu langkah yang harus dilakukan Indonesia untuk memenuhi kebutuhan Butil Etanoat tersebut adalah dengan membangun pabrik Butil Etanoat untuk memenuhi kebutuhan konsumsinya. Saat ini di Indonesia,

produksi Butil Etanoat satu-satunya diketahui hanya diproduksi oleh PT Mega Prima Solvindo. Oleh karena itu, pendirian pabrik Butil Etanoat ini sangat menjanjikan karena dapat mengurangi jumlah impor Butil Etanoat di Indonesia dikarenakan pasar produk ini besar, serta dapat memenuhi kebutuhan Butil Etanoat didalam negeri.

## 1.2 Kegunaan Produk

Aplikasi penggunaan Butil Etanoat sangat luas dan memiliki kegunaan sebagai pelarut di berbagai industri seperti cat, tekstil dan plastik. Butil Etanoat juga digunakan sebagai pelarut ekstraksi untuk berbagai jenis minyak dan obat-obatan, serta digunakan sebagai bahan parfum dan sebagai penyedap sintetik seperti pisang, aprikot, nanas, *raspberry* dan delima (Mc. Ketta, 1978).

## 1.3 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan dalam produksi Butil Etanoat adalah bahan baku yang diproduksi di dalam negeri:

1. Asam asetat ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) dipasok dari PT Indo Acidatama Chemical Industry di Surakarta (Kapasitas produksi 36.000 ton/tahun).
2. Butanol ( $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$ ) diperoleh dari PT Petro Oxo Nusantara di Gresik (Kapasitas produksi 183.000 ton/tahun).
3. Asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) diperoleh dari PT Petrokimia Gresik di Gresik (Kapasitas produksi 1.170.000 ton/tahun).
4. Natrium hidroksida ( $\text{NaOH}$ ) diperoleh dari PT Tjiwi Kimia di Sidoarjo (Kapasitas produksi 65.000 ton/tahun).



## 1.4 Kapasitas Rancangan

Beberapa faktor harus dipertimbangkan ketika menentukan kapasitas rancangan, antara lain:

- Jumlah konsumsi produk yang akan dihasilkan.
- *Supply* bahan baku yang akan digunakan.
- Penentuan kapasitas desain pabrik
- Kapasitas produksi pabrik-pabrik yang telah beroperasi.

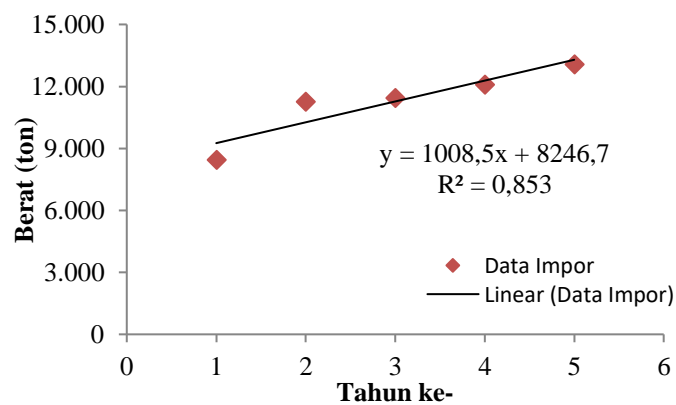
### 1.4.1 Data Impor Butil Etanoat di Indonesia

Berikut adalah data Badan Pusat Statistik dari tahun 2018 hingga 2022 untuk memenuhi kebutuhan Butil Etanoat di Indonesia dengan melakukan impor yang dapat dilihat pada Tabel 1.1. dan Gambar 1.1.

**Tabel 1.1.** Data Statistik Impor Butil Etanoat

Tahun	Impor Butil Etanoat (ton)
2018	8.457
2019	11.267
2020	11.455
2021	12.098
2022	13.084

Sumber: BPS, 2023.



**Gambar 1.1.** Grafik Impor Butil Etanoat

Pada sumbu x terdapat tahun ke-, yang artinya:

Tahun ke-1 = 2018

Tahun ke-2 = 2019

Dan seterusnya...

Sampai dengan tahun 2028. Kebutuhan Butil Etanoat dapat diprediksi dari grafik yang disajikan diatas, didapatkan persamaan (1.1) berikut:

$$y = 1008,5 x + 8246,7 \quad (1.1)$$

$$y = 1008,5(11) + 8246,7$$

$$y = 19.340$$

Dari Tabel 1.1. terlihat bahwa impor Butil Etanoat ke Indonesia semakin meningkat, menandakan bahwa produksi Butil Etanoat di Indonesia masih kurang dan masih diimpor dari negara lain untuk menutup kekurangan dan memastikan pemenuhan kelangsungan stok domestik. Diketahui bahwa nilai y yang didapatkan sebesar 19.340 ton.

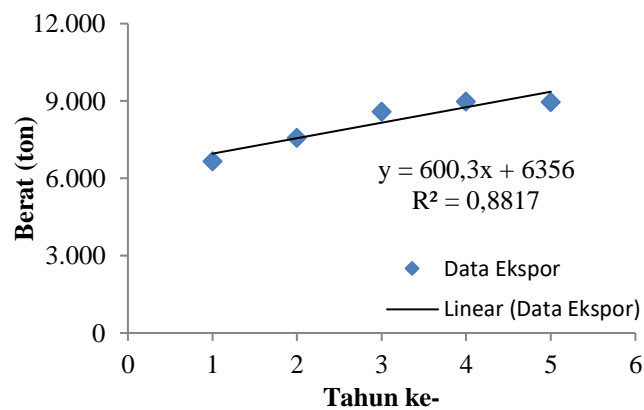
#### 1.4.2 Data Ekspor Butil Etanoat di Indonesia

Berikut adalah data Badan Pusat Statistik dari tahun 2018 hingga 2022 untuk ekspor Butil Etanoat yang dilakukan Indonesia pada Tabel 1.2. dan Gambar 1.2.

**Tabel 1.2.** Data Statistik Ekspor Butil Etanoat

<b>Tahun</b>	<b>Ekspor Butil Etanoat (ton)</b>
2018	6.670
2019	7.570
2020	8.593
2021	8.990
2022	8.962

Sumber: BPS, 2023.



**Gambar 1.2** Grafik Ekspor Butil Etanoat

Dari grafik tersebut didapatkan persamaan (1.2) sebagai berikut:

$$y = 600,3x + 6356 \quad (1.2)$$

$$y = 600,3(11) + 6356$$

$$y = 12.959,3$$

Pada Tabel 1.2. terlihat bahwa ekspor Butil Etanoat yang dilakukan Indonesia mengalami kenaikan yang disebabkan karena dibutuhkannya Butil Etanoat sebagai bahan baku industri. Proses ekspor dilakukan dengan kemungkinan pasar internasional menawarkan harga yang lebih tinggi dengan kontrak jangka panjang yang lebih menguntungkan dibandingkan jika hanya dilakukan pemenuhan untuk kebutuhan lokal. Maka, dari persamaan tersebut didapatkan nilai  $y$  sebesar 12.959,3 ton.

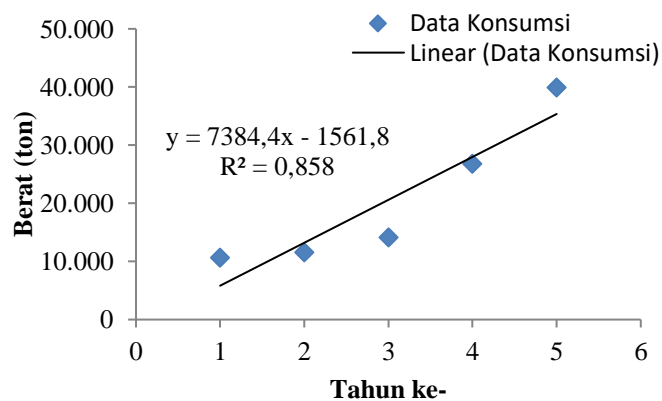
#### 1.4.3 Data Konsumsi Butil Etanoat di Indonesia

Data konsumsi dalam negeri diperoleh dari Statistik Manufaktur Industri Produksi dapat dilihat pada Tabel 1.3. dan Gambar 1.3.

**Tabel 1.3.** Data Konsumsi Butil Etanoat di Indonesia

Tahun	Konsumsi Butil Etanoat (ton)
2018	10.620
2019	11.541
2020	14.098
2021	26.771
2022	39.927

Sumber: BPS, 2023.

**Gambar 1.3.** Grafik Konsumsi Butil Etanoat

Dari grafik tersebut didapatkan persamaan (1.3) sebagai berikut:

$$y = 7384,4x + 1561,8 \quad (1.3)$$

$$y = 7384,4(11) + 1561,8$$

$$y = 82.790,2$$

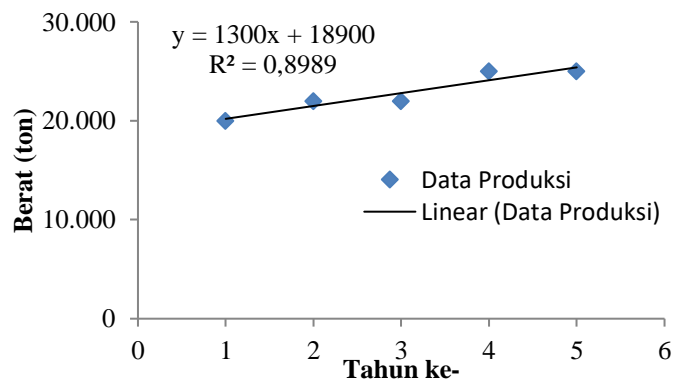
Maka, didapatkan nilai  $y$  dari persamaan tersebut sebesar 82.790,2 ton.

#### 1.4.4 Produksi Butil Etanoat di Indonesia

Di Indonesia, pabrik yang memproduksi Butil Etanoat hanya terdapat di Indonesia Mega Prima Solvindo dengan besarnya kapasitas yang dapat dilihat pada Tabel 1.4. dan Gambar 1.4.

**Tabel 1.4.** Data Produksi Butil Etanoat di Indonesia

Tahun	Produksi Butil Etanoat (ton)
2018	20.000
2019	22.000
2020	22.000
2021	25.000
2022	25.000

**Gambar 1.3.** Grafik Produksi Butil Etanoat

Dari grafik tersebut didapatkan persamaan (1.4) sebagai berikut:

$$y = 1300x + 18900 \quad (1.4)$$

$$y = 1300(11) + 18900$$

$$y = 33.200$$

Maka, didapatkan nilai  $y$  dari persamaan tersebut sebesar 33.200 ton.

Dari setiap grafik regresi linier saat  $R^2$  mendekati 1 maka semakin baik karena data yang didapatkan sangat sesuai dengan prediksi regresi. Dari grafik data impor, ekspor, konsumsi dan produksi Butil Etanoat didapatkan nilai  $R^2$  yang cukup tinggi yaitu mencapai 0,85 – 0,89. Dimana nilai nilai  $R^2$  yang tinggi tersebut menunjukkan bahwa model regresi pada setiap data impor, ekspor, konsumsi dan produksi cocok

dan cukup akurat untuk digunakan untuk memprediksi dan menganalisis kapasitas pabrik Butil Etanoat pada tahun 2028.

Berdasarkan data impor, ekspor, konsumsi dan produksi Butil Etanoat, potensi kapasitas pabrik Butil Etanoat yang akan dibangun pada tahun 2028 dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (1.4) berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Peluang} &= \text{Demand} - \text{Supply} && (1.4) \\
 \text{Peluang} &= (\text{Ekspor} + \text{Konsumsi}) - (\text{Impor} + \text{Produksi}) \\
 &= (12.595,3 + 82.790,2) - (19.340 + 33.200) \\
 &= 43.209,3 \text{ ton/tahun}
 \end{aligned}$$

Maka, berdasarkan hasil perhitungan, kapasitas rancangan pabrik Butil Etanoat yang akan didirikan pada tahun 2028 yaitu sebesar 44.000 ton/tahun. Sisa produksi dapat diekspor ke negara ASEAN ataupun negara lain yang membutuhkan Butil Etanoat.

Berdasarkan perhitungan diatas, kapasitas produksi pabrik Butil Etanoat direncanakan sebesar 44.000 ton/tahun, dengan mempertimbangkan beberapa hal sebagai berikut

- a. Kebutuhan Butil Etanoat dalam negeri Indonesia dapat terpenuhi.
- b. Mendorong berdirinya industri kimia lain yang menggunakan Butil Etanoat sebagai bahan baku atau bahan penolong.
- c. Menyediakan lapangan pekerjaan bagi penduduk yang tinggal di sekitar kawasan industri yang akan didirikan.
- d. Menambah devisa negara.

## BAB II

### TINJAUAN PROSES

#### 2.1 Macam-Macam Proses Pembuatan Butil Etanoat

Ada beberapa macam proses pembuatan Butil Etanoat, yaitu:

##### 1. Pembuatan Butil Etanoat dari Metil Asetat dan Butanol

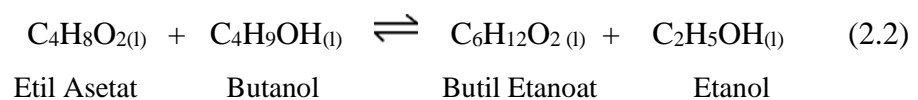
Reaksi pembuatan Butil Etanoat dari bahan baku metil asetat dan butanol dapat dilihat pada persamaan (2.1) sebagai berikut:



Dalam proses ini terjadi transesterifikasi antara metil asetat dan n-butanol menggunakan katalis Amberlyst 15 yang beroperasi pada suhu 93°C. Konversi mencapai 42% ketika rasio mol antara reaktan adalah 1:1 (Sancheti dkk., 2015). Namun, katalis yang digunakan yaitu Amberlyst 15 memiliki harga yang mahal dan sulit untuk diperoleh.

##### 2. Pembuatan Butil Etanoat dari Etil Asetat dan Butanol

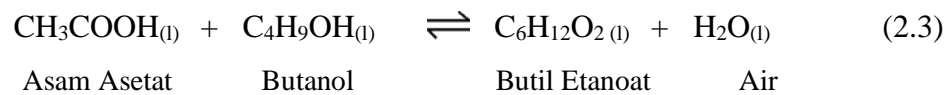
Reaksi pembuatan Butil Etanoat dari bahan baku etil asetat dan butanol dapat dilihat pada persamaan (2.2) sebagai berikut:



Pada proses ini terjadi reaksi transesterifikasi terjadi antara etil asetat dan butanol menggunakan katalis boron pada suhu 115°C. Dengan perbandingan mol reaktan 1:6, konversi reaksi mencapai 75% (Bokade, 2016). Namun, katalis yang digunakan yaitu katalis boron memiliki harga yang mahal.

### 3. Pembuatan Butil Etanoat dari Asam Asetat dan Butanol

Reaksi pembuatan Butil Etanoat dari bahan baku asam asetat dan butanol dapat dilihat pada persamaan (2.3) sebagai berikut:



Produk Butil Etanoat yang diproduksi dengan reaksi esterifikasi asam asetat dan butanol menggunakan katalis asam sulfat. Proses ini berlangsung pada 100°C dan tekanan 1 atmosfer. Konversi reaksi 85% diperoleh dengan perbandingan mol reaktan 1:5 (Leyes dan Othmer, 1945).

## 2.2 Pemilihan Proses

Dalam pemilihan proses mempertimbangkan beberapa faktor seperti: Bahan baku yang digunakan, suhu operasi, panas reaksi pada keadaan standar, katalis yang digunakan, biaya bahan baku (perhitungan ekonomi kasar), energi bebas gibbs, dan panas pembentukan standar.



### 2.2.1 Perhitungan ekonomi kasar dari bahan baku yang dibutuhkan

#### a. Pembuatan Butil Etanoat dari Metil Asetat dan Butanol

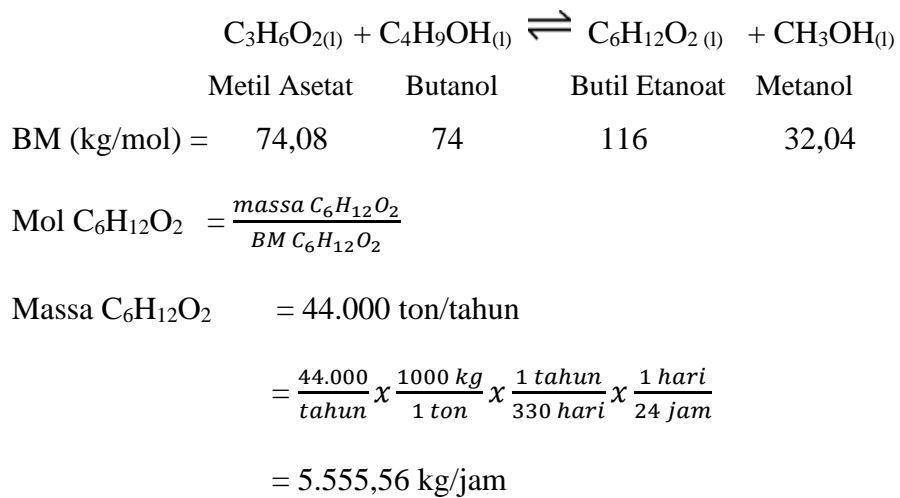
Harga bahan baku dan produk pada proses pembuatan Butil Etanoat dari metil asetat dan butanol dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut:

**Tabel 2.1.** Harga Bahan Baku dan Produk Proses I

Komponen	Harga (USD/kg)	Harga (Rp/kg)
Metil Asetat	2,00	21.407,61
Butanol	0,60	9.109,62
Butil Etanoat	3,50	53.139,45

(Alibaba.com)

Kurs 1 USD = 15.182,70 (diakses pada 2 Agustus 2023)



Untuk kapasitas produksi Butil Etanoat sebesar 5.555,56 kg/jam dengan konversi 42% berdasarkan jurnal (Sancheti, 2015) sehingga jumlah kmol/jam butil etanoat yang dihasilkan sebesar:

$$\text{Mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2 = \frac{\text{massa C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2}{\text{BM C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2}$$

$$= \frac{5.555,56 \frac{kg}{jam}}{116 \frac{kg}{mol}} = 47,89 \text{ kmol/jam}$$

Maka,

$$C_3H_6O_{2(l)} + C_4H_9OH_{(l)} \rightleftharpoons C_6H_{12}O_{2(l)} + CH_3OH_{(l)}$$

Mula-mula	114,02	114,02	-	-
Reaksi	47,89	47,89	47,89	47,89
Sisa	66,13	66,13	47,89	47,89

### Metil Asetat (C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O<sub>2</sub>)

Umpan segar Metil Asetat (Kemurnian 99,5%)

$$\text{BM } C_3H_6O_2 = 74,08 \text{ kg/kmol}$$

$$\text{Mol } C_3H_6O_2 = 114,02 \text{ kmol/jam}$$

$$\text{Massa } C_3H_6O_2 = \text{mol } CH_3COOH \times \text{BM } CH_3COOH$$

$$= 114,02 \text{ kmol/jam} \times 74,08 \text{ kg/kmol}$$

$$= 8.447,3704 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Massa } C_3H_6O_2 = 8.447,3704 \text{ kg/jam} : 0,995$$

$$= 8.489,8195 \text{ kg/jam}$$

$$= 74.370.818,6014 \text{ kg/tahun}$$

$$\text{Harga } C_3H_6O_2 = \text{massa } C_3H_6O_2 \times \text{harga } C_3H_6O_2$$

$$= 74.370.818,6014 \text{ kg/tahun} \times \text{Rp}21.407,61$$

$$= \text{Rp}1.592.101.256.887/\text{tahun}$$

### Butanol (C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>OH)

Umpan segar Butanol (Kemurnian 99,5%)

$$\text{BM } C_4H_9OH = 74 \text{ kg/kmol}$$

$$\text{Mol C}_4\text{H}_9\text{OH awal} = 114,02 \text{ kmol/jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa C}_4\text{H}_9\text{OH} &= \text{mol C}_4\text{H}_9\text{OH} \times \text{BM C}_4\text{H}_9\text{OH} \\ &= 114,02 \text{ kmol/jam} \times 74 \text{ kg/kmol} \\ &= 8.438,2479 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa C}_4\text{H}_9\text{OH} &= 8.438,2479 \text{ kg/jam} : 0,995 \\ &= 8.480,6512 \text{ kg/jam} \\ &= 74.290.504,5424 \text{ kg/tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga C}_4\text{H}_9\text{OH} &= \text{massa C}_4\text{H}_9\text{OH} \times \text{harga C}_4\text{H}_9\text{OH} \\ &= 74.290.504,5424 \text{ kg/tahun} \times \text{Rp}9.109,620 \\ &= \text{Rp}676.758.265.990/\text{tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga Bahan Baku} &= \text{Harga Metil Asetat} + \text{Harga Butanol} \\ &= \text{Rp}1.592.101.256.887 + \text{Rp}676.758.265.990 \\ &= \text{Rp}2.268.859.522.876/\text{tahun} \end{aligned}$$

### **Butil Etanoat (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>2</sub>)**

$$\text{BM C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2 = 116 \text{ kg/kmol}$$

$$\text{Massa C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2 = 44.000.035 \text{ kg/tahun}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2 &= \text{massa C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2 \times \text{harga C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2 \\ &= 44.000.035 \text{ kg/tahun} \times \text{Rp}53.139,45/\text{kg} \end{aligned}$$

$$\text{Harga Produk} = \text{Rp}2.338.137.670.509/\text{tahun}$$

$$\begin{aligned} \textit{Profit} &= \text{harga jual produk} - \text{harga bahan baku} \\ &= \text{Rp}2.338.137.670.509 - \text{Rp}2.268.859.522.876 \\ &= \text{Rp}69.278.147.632/\text{tahun} \end{aligned}$$

**b. Pembuatan Butil Etanoat dari Etil Asetat dan Butanol**

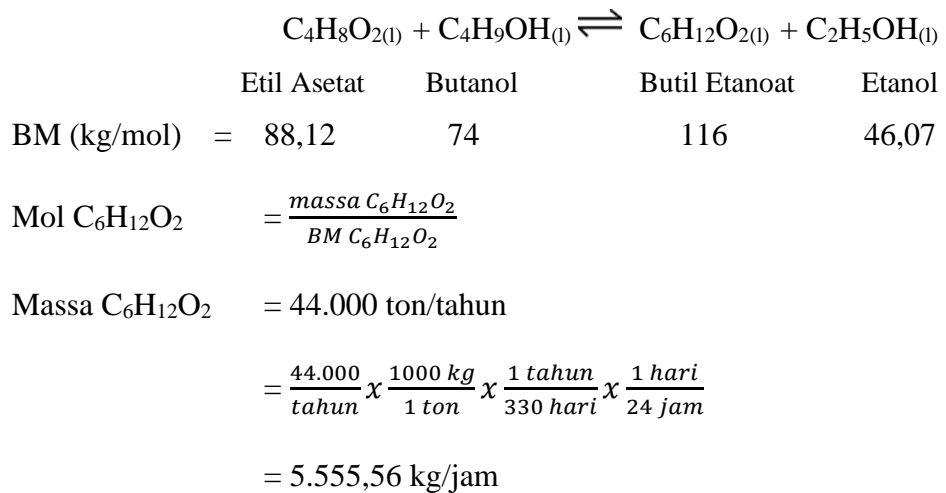
Harga bahan baku dan produk proses pembuatan Butil Etanoat dari etil asetat dan butanol dapat dilihat pada Tabel 2.2. sebagai berikut:

**Tabel 2.2.** Harga Bahan Baku dan Produk Proses II

Komponen	Harga (USD/kg)	Harga (Rp/kg)
Etil Asetat	0,50	7.591,35
Butanol	0,60	9.109,62
Butil Etanoat	3,50	53.139,45

(Alibaba.com)

Kurs 1 USD = 15.182,70 (diakses pada 2 Agustus 2023)



Untuk kapasitas produksi Butil Etanoat sebesar 5.555,56 kg/jam dengan konversi 75% berdasarkan jurnal (Bokade, 2016) sehingga jumlah kmol/jam Butil Etanoat sebesar :

$$\begin{aligned}
 \text{Mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2 &= \frac{\text{massa C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2}{\text{BM C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2} \\
 &= \frac{5.555,56 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}}{116 \frac{\text{kg}}{\text{mol}}}
 \end{aligned}$$

$$= 47,89 \text{ kmol/jam}$$

Maka,

Mula-mula	63,86	383,14	-	-
Reaksi	47,89	47,89	47,89	47,89
Sisa	15,97	335,25	47,89	47,89

### Etil Asetat (C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>O<sub>2</sub>)

Umpar segar Etil Asetat (Kemurnian 99,5%)

$$\text{BM C}_4\text{H}_8\text{O}_2 = 88,12 \text{ kg/kmol}$$

$$\text{Mol C}_4\text{H}_8\text{O}_2 \text{ awal} = 63,86 \text{ kmol/jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa C}_4\text{H}_8\text{O}_2 &= \text{mol C}_4\text{H}_8\text{O}_2 \times \text{BM C}_4\text{H}_8\text{O}_2 \\ &= 63,86 \text{ kmol/jam} \times 88,12 \text{ kg/kmol} \\ &= 5.627,0799 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa C}_4\text{H}_8\text{O}_2 &= 5.627,0799 \text{ kg/jam} : 0,995 \\ &= 5.655,3566 \text{ kg/jam} \\ &= 49.540.924,1318 \text{ kg/tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga C}_4\text{H}_8\text{O}_2 &= \text{massa C}_4\text{H}_8\text{O}_2 \times \text{harga C}_4\text{H}_8\text{O}_2 \\ &= 49.540.924,1318 \text{ kg/tahun} \times \text{Rp}7.591,35 \\ &= \text{Rp}376.082.494.408/\text{tahun} \end{aligned}$$

### Butanol (C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>OH)

Umpar segar Butanol (Kemurnian 99,5%)

$$\text{BM C}_4\text{H}_9\text{OH} = 74 \text{ kg/kmol}$$

$$\text{Mol C}_4\text{H}_9\text{OH awal} = 63,86 \text{ kg/kmol}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa C}_4\text{H}_9\text{OH} &= \text{mol C}_4\text{H}_9\text{OH} \times \text{BM C}_4\text{H}_9\text{OH} \\ &= 383,14 \text{ kg/kmol} \times 74 \text{ kg/kmol} \\ &= 28.352,5131 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa C}_4\text{H}_9\text{OH} &= 28.352,5131 \text{ kg/jam} : 0,995 \\ &= 28.494,9880 \text{ kg/jam} \\ &= 249.616.095,2625 \text{ kg/tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga C}_4\text{H}_9\text{OH} &= \text{massa C}_4\text{H}_9\text{OH} \times \text{harga C}_4\text{H}_9\text{OH} \\ &= 249.616.095,2625 \text{ kg/tahun} \times \text{Rp}9.109,620 \\ &= \text{Rp}1.959.350.531.693,35/\text{tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga Bahan Baku} &= \text{Harga Etil Asetat} + \text{Harga Butanol} \\ &= \text{Rp}376.082.494.408 + \text{Rp}1.959.350.531.693,35 \\ &= \text{Rp}2.335.433.026.102/\text{tahun} \end{aligned}$$

### **Butil Etanoat (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>2</sub>)**

$$\text{BM C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2 = 116 \text{ kg/kmol}$$

$$\text{Massa C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2 = 44.000.035 \text{ kg/tahun}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2 &= \text{massa C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2 \times \text{harga C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2 \\ &= 44.000.035 \text{ kg/tahun} \times \text{Rp}53.139,45/\text{kg} \\ &= \text{Rp}2.338.137.670.508,64/\text{tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textit{Profit} &= \text{harga jual produk} - \text{harga bahan baku} \\ &= \text{Rp}2.338.137.670.508,64 - \text{Rp}2.335.433.026.102 \\ &= \text{Rp}2.704.644.407,11/\text{tahun} \end{aligned}$$

c. **Pembuatan Butil Etanoat dari Asam Asetat dan Butanol**

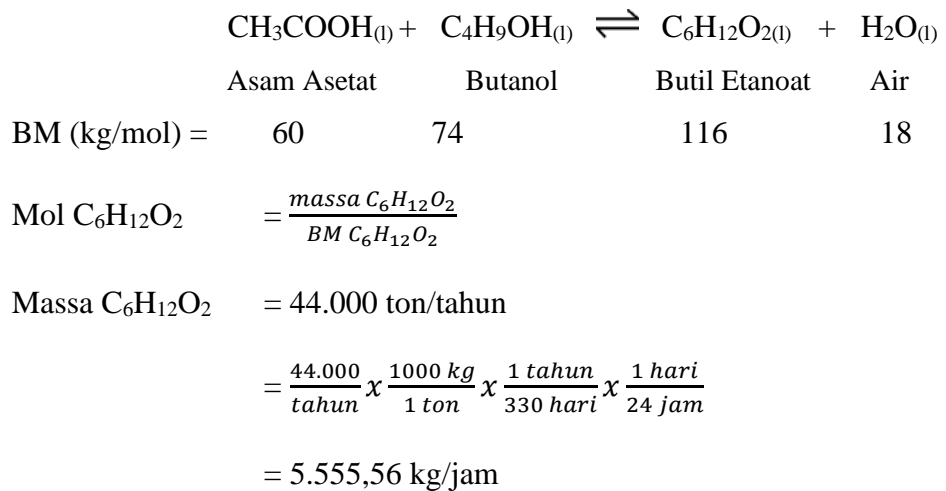
Harga bahan baku dan produk proses pembuatan Butil Etanoat dari asam asetat dan butanol dapat dilihat pada Tabel 2.3. sebagai berikut:

**Tabel 2.3.** Harga Bahan Baku dan Produk Proses III

Komponen	Harga (USD/kg)	Harga (Rp/kg)
Asam Asetat	0,93	14.119,91
Butanol	0,60	9.109,62
Butil Etanoat	3,50	53.139,45

(Alibaba.com)

Kurs 1 USD = 15.182,70 (diakses pada 2 Agustus 2023)



Untuk kapasitas produksi Butil Etanoat sebesar 5.555,56 kg/jam dengan konversi 85% berdasarkan jurnal (Leyes and Othmer, 1945) sehingga jumlah kmol/jam Butil Etanoat yang dihasilkan sebesar :

$$\begin{aligned}
 \text{Mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2 &= \frac{\text{massa C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2}{\text{BM C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2} \\
 &= \frac{5.555,56 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}}{116 \frac{\text{kg}}{\text{mol}}}
 \end{aligned}$$

$$= 47,89 \text{ kmol/jam}$$

Maka,

Mula-mula	56,34	281,72	-	-
Reaksi	47,89	47,89	47,89	47,89
Sisa	9,45	233,83	47,89	47,89

### Asam Asetat (CH<sub>3</sub>COOH)

Umpan segar Asam Asetat (Kemurnian 99%)

$$\text{BM CH}_3\text{COOH} = 60 \text{ kg/kmol}$$

$$\text{Mol CH}_3\text{COOH awal} = 56,34 \text{ kmol/jam}$$

$$\text{Massa CH}_3\text{COOH} = \text{mol CH}_3\text{COOH} \times \text{BM CH}_3\text{COOH}$$

$$= 56,34 \text{ kmol/jam} \times 60 \text{ kg/kmol}$$

$$= 3.380,6653 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Massa CH}_3\text{COOH} = 3.380,6653 \text{ kg/jam} : 0,99$$

$$= 3.414,8134 \text{ kg/jam}$$

$$= 29.913.765,8123 \text{ kg/tahun}$$

$$\text{Harga CH}_3\text{COOH} = \text{massa CH}_3\text{COOH} \times \text{harga CH}_3\text{COOH}$$

$$= 29.913.765,8123 \text{ kg/tahun} \times \text{Rp}14.119,91$$

$$= \text{Rp}422.379.710.944/\text{tahun}$$

### Butanol (C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>OH)

Umpan segar Butanol (Kemurnian 99,5%)

$$\text{BM C}_4\text{H}_9\text{OH} = 74 \text{ kg/kmol}$$



$$\text{Mol C}_4\text{H}_9\text{OH awal} = 56,34 \text{ kmol/jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa C}_4\text{H}_9\text{OH} &= \text{mol C}_4\text{H}_9\text{OH} \times \text{BM C}_4\text{H}_9\text{OH} \\ &= 281,72 \text{ kmol/jam} \times 74 \text{ kg/kmol} \\ &= 20.847,4361 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa C}_4\text{H}_9\text{OH} &= 20.847,4361 \text{ kg/jam} : 0,995 \\ &= 20.952,1971 \text{ kg/jam} \\ &= 183.541.246,5166 \text{ kg/tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga C}_4\text{H}_9\text{OH} &= \text{massa C}_4\text{H}_9\text{OH} \times \text{harga C}_4\text{H}_9\text{OH} \\ &= 183.541.246,5166 \text{ kg/tahun} \times \text{Rp}9.109,62 \\ &= \text{Rp}1.671.991.010.092/\text{tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga Bahan Baku} &= \text{Harga Asam Asetat} + \text{Harga Butanol} \\ &= \text{Rp}422.379.710.944 + \text{Rp}1.671.991.010.092 \\ &= \text{Rp}2.094.370.721.036/\text{tahun} \end{aligned}$$

### **Butil Etanoat (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>2</sub>)**

$$\text{BM C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2 = 116 \text{ kg/kmol}$$

$$\text{Massa C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2 = 44.000.035 \text{ kg/tahun}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2 &= \text{massa C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2 \times \text{harga C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2 \\ &= 44.000.035 \text{ kg/tahun} \times \text{Rp}53.139,45/\text{kg} \end{aligned}$$

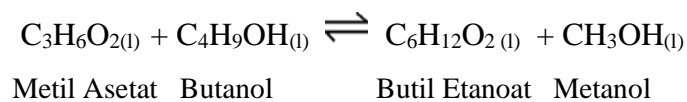
$$\text{Harga Produk} = \text{Rp}2.338.137.670.509/\text{tahun}$$

$$\begin{aligned} \textit{Profit} &= \text{harga jual produk} - \text{harga bahan baku} \\ &= \text{Rp}2.338.137.670.509 - \text{Rp}2.094.370.721.036 \\ &= \text{Rp}243.766.949.472/\text{tahun} \end{aligned}$$

### 2.2.2 Enthalpi Reaksi

Panas pembentukan standar ( $\Delta H^\circ_f$ ) adalah jumlah panas reaksi yang dapat dihasilkan atau dibutuhkan untuk terjadinya reaksi kimia. Jika  $\Delta H^\circ_f$  positif, menunjukkan bahwa reaksi memerlukan panas untuk melakukan reaksi kimia (endotermis). Namun, jika  $\Delta H^\circ_f$  negatif menunjukkan bahwa panas (eksotermis) dihasilkan selama reaksi.

#### a. Pembuatan Butil Etanoat dari Metil Asetat dan Butanol



Nilai ( $\Delta H^\circ_f$  298K) dari setiap komponen pada suhu 298K dapat dilihat pada Tabel 2.4. sebagai berikut :

**Tabel 2.4.**  $\Delta H^\circ_f$  Dari Setiap Komponen Pada Suhu 298,15°K

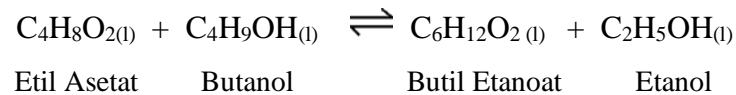
Komponen	( $\Delta H^\circ_f$ ) <sub>298</sub> , kJ/mol
Metil Asetat	-445,9
Butanol	-329,60
Butil Etanoat	-609
Methanol	-238,42

Sumber: Yaws, 1999

$$\begin{aligned} (\Delta H^\circ_r \text{ 298K}) &= \sum \Delta H \text{ produk} - \sum \Delta H \text{ reaktan} \\ &= ((-609)+(-238,42)) - ((-445,9)+(-329,60)) \\ &= -71,92 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Dari perhitungan, didapatkan bahwa reaksi pembentukan Butil Etanoat bersifat eksotermis yang ditandai dengan ( $\Delta H^{\circ}_{r298K}$ ) bernilai negatif.

**b. Pembuatan Butil Etanoat dari Etil Asetat dan Butanol**



Nilai ( $\Delta H^{\circ}_{r 298K}$ ) dari setiap komponen pada suhu 298K dapat dilihat pada Tabel 2.5. sebagai berikut :

**Tabel 2.5.**  $\Delta H^{\circ}_F$  Dari Setiap Komponen Pada Suhu 298,15°K

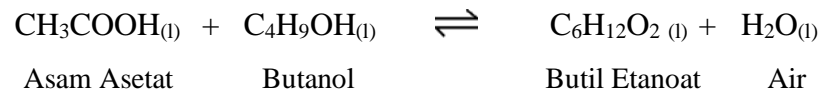
Komponen	( $\Delta H^{\circ}_F$ ) <sub>298</sub> , kJ/mol
Etil Asetat	-478,82
Butanol	-329,60
Butil Etanoat	-609
Ethanol	-277,05

Sumber: Yaws, 1999

$$\begin{aligned} (\Delta H^{\circ}_{r 298K}) &= \sum \Delta H \text{ produk} - \sum \Delta H \text{ reaktan} \\ &= ((-609)+(-277,05)) - ((-478,82)+(-329,60)) \\ &= -77,63 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Dari perhitungan, didapatkan bahwa reaksi pembentukan Butil Etanoat bersifat eksotermis yang ditandai dengan ( $\Delta H^{\circ}_{r298K}$ ) bernilai negatif.

**c. Pembuatan Butil Etanoat dari Asam Asetat dan Butanol**



Nilai ( $\Delta H^\circ_r$  298K) dari setiap komponen pada suhu 298K dapat dilihat pada Tabel 2.6. sebagai berikut :

**Tabel 2.6.**  $\Delta H^\circ F$  Dari Setiap Komponen Pada Suhu 298,15°K

Komponen	$(\Delta H^\circ F)_{298}$ , kJ/mol
Asam Asetat	-485,5
Butanol	-329,60
Butil Etanoat	-609,0
Air	-285,83

Sumber: Yaws, 1999

$$\begin{aligned} (\Delta H^\circ_r 298K) &= \sum \Delta H \text{ produk} - \sum \Delta H \text{ reaktan} \\ &= ((-609,0)+(-285,83)) - ((-485,5)+(-329,60)) \\ &= -79,73\text{kJ/mol} \end{aligned}$$

Dari perhitungan, didapatkan bahwa reaksi pembentukan Butil Etanoat bersifat eksotermis yang ditandai dengan ( $\Delta H^\circ_r 298K$ ) bernilai negatif.

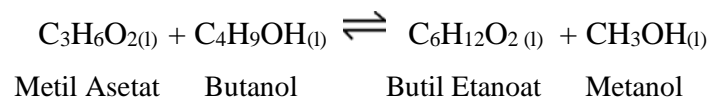
### 2.2.3 Pemilihan proses meninjau dari energi Gibbs ( $\Delta G^\circ$ )

$\Delta G$  menunjukkan spontan atau tidak spontannya suatu reaksi kimia.

- $\Delta G^\circ$  bernilai positif (+) menunjukkan bahwa reaksi tersebut tidak dapat berlangsung secara spontan, sehingga dibutuhkan energi tambahan dari luar.
- $\Delta G^\circ$  bernilai negatif (-) menunjukkan bahwa reaksi tersebut dapat berlangsung secara spontan dan hanya sedikit membutuhkan energi.

Oleh karena itu, semakin kecil atau negatif  $\Delta G^\circ$  maka reaksi tersebut akan semakin baik karena untuk berlangsung spontan energi yang dibutuhkan semakin kecil.

#### a. Pembuatan Butil Etanoat dari Metil Asetat dan Butanol



Harga energi gibbs bahan baku dan produk pada pembuatan Butil Etanoat dari metil asetat dan butanol dapat dilihat pada Tabel 2.7.

**Tabel 2.7.** Harga Energi Gibbs Bahan Baku dan Produk Proses I

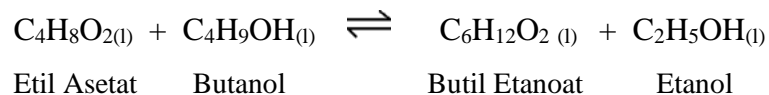
Komponen	$(\Delta H^\circ G)_{298}$ , kJ/mol
Metil Asetat	-316,57
Butanol	-154,02
Butil Etanoat	-234,80
Methanol	-166,2

Sumber: Yaws, 1999

$$\begin{aligned} \Delta G^\circ_{298K} &= \sum \Delta G \text{ produk} - \sum \Delta G \text{ reaktan} \\ &= ((-234,80) + (-166,2)) - ((-316,57) + (-154,02)) \\ &= 69,59 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Dari perhitungan, didapatkan bahwa  $\Delta G^\circ > 0$ , jadi reaksi terjadi secara tidak spontan. Nilai energi Gibbs yang positif menunjukkan bahwa reaksi membutuhkan energi yang besar.

### b. Pembuatan Butil Etanoat dari Etil Asetat dan Butanol



Harga energi gibbs untuk bahan baku dan produk pada pembuatan Butil Etanoat dari etil asetat dan butanol dapat dilihat pada Tabel 2.8. sebagai berikut:

**Tabel 2.8.** Harga Energi Gibbs Bahan Baku dan Produk Proses II

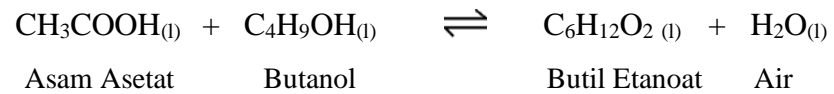
Komponen	$(\Delta H^\circ G)_{298}$ , kJ/mol
Etil Asetat	-327,40
Butanol	-154,02
Butil Etanoat	-234,80
Ethanol	-168,28

Sumber: Yaws, 1999

$$\begin{aligned} \Delta G^\circ_{298K} &= \sum \Delta G \text{ produk} - \sum \Delta G \text{ reaktan} \\ &= ((-234,80) + (-168,28)) - ((-327,40) + (-154,02)) \\ &= 78,34 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Dari perhitungan, didapatkan bahwa  $\Delta G^\circ > 0$ , jadi reaksi terjadi secara tidak spontan. Nilai energi Gibbs yang positif menunjukkan bahwa reaksi membutuhkan energi yang besar.

**c. Pembuatan Butil Etanoat dari Asam Asetat dan Butanol**



Harga energi gibbs untuk bahan baku dan produk pada pembuatan Butil Etanoat dari asam asetat dan butanol dapat dilihat pada Tabel 2.9. sebagai berikut:

**Tabel 2.9.** Harga Energi Gibbs Bahan Baku dan Produk Proses III

Komponen	$(\Delta H^\circ G)_{298}$ , kJ/mol
Asam Asetat	-299,78
Butanol	-154,02
Butil Etanoat	-234,80
Air	-237,13

Sumber: Yaws, 1999

$$\begin{aligned} \Delta G^\circ_{298K} &= \sum \Delta G \text{ produk} - \sum \Delta G \text{ reaktan} \\ &= ((-234,80) + (-237,13)) - ((-299,78) + (-154,02)) \\ &= -18,13 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Dari perhitungan, didapatkan bahwa  $\Delta G^\circ > 0$ , jadi reaksi terjadi secara spontan. Nilai energi Gibbs yang negatif menunjukkan bahwa reaksi tidak membutuhkan energi yang besar.

Berdasarkan beberapa uraian diatas, dapat diperoleh perbandingan proses pembuatan Butil Etanoat. Hal ini ditunjukkan pada Tabel 2.10 di bawah ini.

**Tabel 2.10.** Perbandingan Proses Produksi Butil Etanoat

No.	Keterangan	Proses 1	Proses 2	Proses 3
1.	Bahan baku	Metil Asetat dan Butanol	Etil Asetat dan Butanol	Asam Asetat dan Butanol
2.	Konversi (%)	42%	75%	85%
3.	$\Delta G^\circ$ (kJ/mol)	69,59 kJ/mol	78,34 kJ/mol	-18,13 kJ/mol
4.	$\Delta H_r^\circ$ (kJ/mol)	-71,92 kJ/mol	-77,63 kJ/mol	-79,73 kJ/mol
5.	Suhu ( $^\circ\text{C}$ )	93 $^\circ\text{C}$	115 $^\circ\text{C}$	100 $^\circ\text{C}$
6.	Keuntungan (Rp/tahun)	69.278.147.632	2.704.644.407	243.766.949.472
7.	Jenis Katalis	Amberlyst 15 (padat)	Boron (padat)	Asam Sulfat (cair)

Dengan melihat ketiga macam proses di atas maka dalam prarancangan pabrik Butil Etanoat dipilih proses dengan bahan baku asam asetat dan butanol dengan beberapa pertimbangan sebagai berikut:

1. Bahan baku yang digunakan lebih ekonomis, mudah didapatkan dan tidak beracun.
2. Konversi pada proses 3 paling tinggi yaitu 85%.
3. Dari peninjauan pada segi ekonomi diketahui bahwa proses 3 lebih menguntungkan dibandingkan proses 1 dan 2, keuntungan yang didapat sebesar Rp1.218.777.004.161 /tahun.
4. Harga katalis yang digunakan lebih murah dibandingkan dengan Amberlyst 15 dan Boron.



### 2.3 Konstanta Kestimbangan Reaksi

Butil Etanoat yang dihasilkan oleh reaksi esterifikasi yang dikatalisis asam sulfat dari asam asetat dan n-butanol memiliki konstanta kesetimbangan yang diberikan oleh persamaan berikut:

Dari Smith Van Ness (2005), persamaan (13.11b) :

$$\ln K_{298,15} = - \frac{\Delta G^\circ}{RT} \quad (2.4)$$

$$\begin{aligned} \ln K_{298,15} &= - \frac{-18,13 \text{ kJ/mol}}{\frac{8,314 \cdot 10^{-3} \text{ kJ}}{\text{mol}} \cdot \text{K} \times 298,15 \text{ K}} \\ &= 7,31 \end{aligned}$$

$$K_{298,15} = 1495,18$$

Dari Smith Van Ness (2005), persamaan (13.15) :

$$\ln \left( \frac{K}{K_{298,15}} \right) = - \frac{\Delta H_{298,15}}{R} \times \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_{\text{ref}}} \right) \quad (2.5)$$

Berdasarkan Leyes dan Othmer (1945), reaksi berlangsung pada suhu 100°C (373,15°K) dan besarnya konstanta kesetimbangan dapat dihitung menggunakan persamaan (2.6) sebagai berikut:

$$\ln \left( \frac{K}{K_{298,15}} \right) = - \frac{\Delta H_{298,15}}{R} \times \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_{\text{ref}}} \right) \quad (2.6)$$

$$\ln \left( \frac{K}{1495,18} \right) = - \frac{(-79,73 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}})}{8,314 \cdot \frac{10^{-3} \text{ kJ}}{\text{mol}} \cdot \text{K}} \times \left( \frac{1}{373,15} - \frac{1}{298,15} \right) \text{K}$$

$$\ln \left( \frac{K}{1495,18} \right) = - 6,46$$

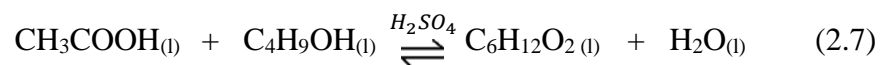
$$\left( \frac{K}{1495,18} \right) = 1,56 \cdot 10^{-3}$$

$$K = 2,33$$

Nilai K tersebut tidak berbeda nyata dengan nilai K sebesar 2,38 pada jurnal IEC (*Industrial Engineering and Chemistry*), Vol. 37, No. 10, 1945, Hlm. 976.

## 2.4 Tinjauan Kinetika

Proses produksi Butil Etanoat merupakan reaksi esterifikasi asam asetat dan n-butanol sesuai dengan rumus reaksi pada persamaan (2.7) berikut:



Dari sudut pandang kinetika, reaksi asam asetat dan n-butanol, ini merupakan reaksi orde kedua. Persamaan kinetika menurut Leyes dan Othmer (1945) dapat dilihat pada persamaan (2.8) berikut:

$$-r_A = kCA^2 \quad (2.8)$$

Reaksi esterifikasi merupakan reaksi bolak-balik yang berjalan lambat sehingga reaksi di sebelah kiri (arah reaktan) dapat diabaikan terhadap reaksi di sebelah kanan (arah produk) selama waktu reaksinya relatif singkat. Jika alkohol berlebih digunakan, konsentrasi alkohol dapat diasumsikan konstan (Sari, 2010). Selain itu, saat jumlah reaktan diperbesar, kecepatan reaksi ke arah kiri dapat diabaikan, sehingga akan terjadi pergeseran kesetimbangan ke arah kanan (Setyawardhani dkk., 2006). Hal tersebut dapat terjadi karena reaksi berlangsung sempurna ( $K > 1$ ) sehingga laju reaksi yang terukur hanya reaksi ke arah kanan (Saleh, 2022).

$$k = (0,000618 - 0,376724C + 0,180917C \frac{B}{A}) \left( \frac{10^{(9,140142 - \frac{3320,0564}{T})}}{1,745} \right)$$

Nilai k yang diperoleh dari data di atas adalah 0,01745 L/mol.menit.

Dimana,

$r_A$  = kecepatan reaksi, mol/L.detik

$k$  = konstanta kecepatan reaksi, L/mol.menit

$K$  = konstanta kesetimbangan reaksi, L/mol.menit

$C$  = asam sulfat, % berat

= 0,0322%

$B$  = butanol, mol

$A$  = asam asetat, mol

$C_A$  = konsentrasi asam asetat, mol/L

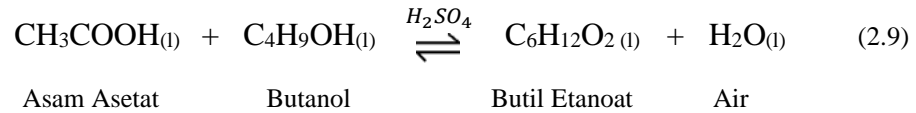
$R$  = 8,314 Joule/mol.K

$T$  = Suhu reaksi, K

## 2.5 Uraian Singkat Proses

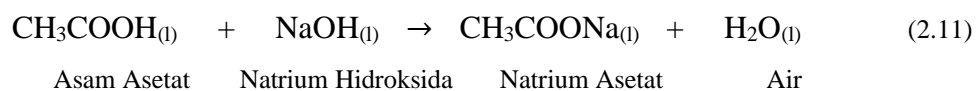
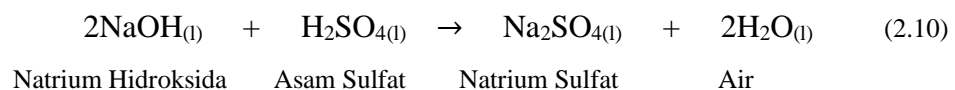
Produksi Butil Etanoat ( $C_6H_{12}O_2$ ) menggunakan asam asetat ( $CH_3COOH$ ) dan butanol ( $C_4H_9OH$ ) sebagai bahan baku utama, dan katalis asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) serta penetral natrium hidroksida ( $NaOH$ ) sebagai bahan baku penunjang. Asam asetat ( $CH_3COOH$ ), butanol ( $C_4H_9OH$ ), asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) dan natrium hidroksida ( $NaOH$ ) disimpan dalam tangki ST-101, ST-102, ST-103 dan ST-104 pada suhu  $30^\circ C$  dan tekanan 1 atm. Bahan baku asam asetat ( $CH_3COOH$ ) dan butanol ( $C_4H_9OH$ ) tersebut dipanaskan terlebih dahulu menggunakan *heater* hingga suhu  $100^\circ C$ . Bahan-bahan tersebut dipompa menuju reaktor (RE-201) jenis Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) karena berlangsung pada fase cair-cair, namun butanol ( $C_4H_9OH$ ) akan melewati MP-101 terlebih dahulu sehingga akan bercampur dengan

*recycle* dari produk atas MD-301, sehingga didapatkan perbandingan asam asetat dan n-butanol sebesar 1:5. Reaksi yang terjadi dapat dilihat pada persamaan (2.9) berikut:



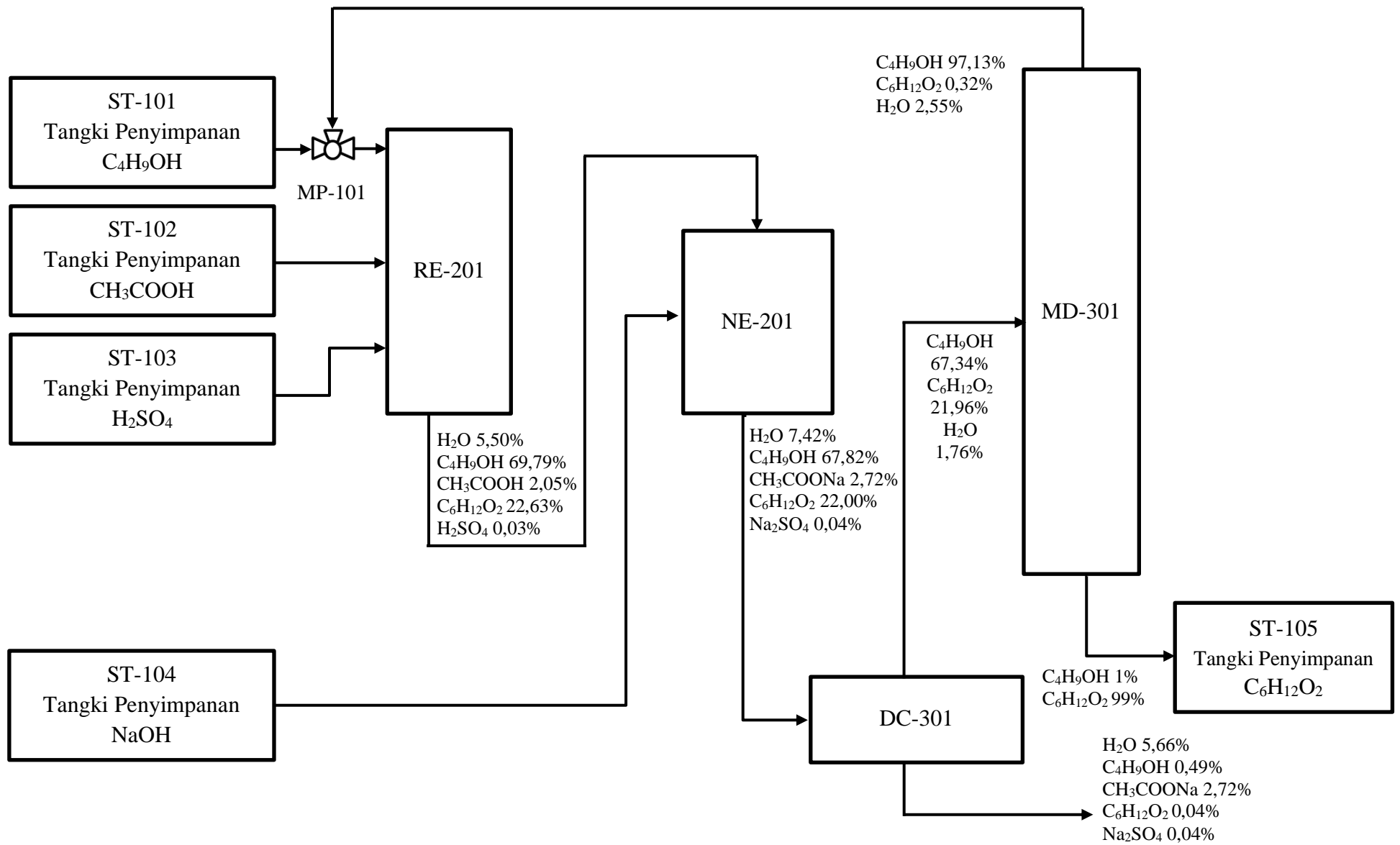
Reaksi dalam reaktor (RE-201) dibantu oleh katalis asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Reaksinya eksotermik, beroperasi pada suhu  $100^\circ\text{C}$  dan tekanan 1 atm, dengan konversi butil etanoat ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2$ ) sebesar 85%. Produk yang berasal dari reaktor didinginkan dalam *cooler* hingga suhu  $40^\circ\text{C}$ .

Selanjutnya, produk yang didinginkan mengalir ke *neutralizer* NE-201 di mana natrium hidroksida ( $\text{NaOH}$ ) digunakan untuk menetralkan asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) untuk membentuk larutan garam natrium sulfat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), natrium asetat ( $\text{CH}_3\text{COONa}$ ) dan air menghasilkan reaksi yang dapat dilihat pada persamaan (2.10) dan (2.11) berikut:



Selanjutnya, produk yang dihasilkan dari *neutralizer* NE-201 dipisahkan menggunakan dekanter DC-301 berdasarkan kelarutannya, terbentuk fasa ringan dan fasa berat. DC-301 yang mengandung fraksi ringan yang meliputi butanol, butil etanoat dan air. Fasa berat DC-301 mengandung banyak air

(H<sub>2</sub>O), garam natrium sulfat (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) serta natrium asetat (CH<sub>3</sub>COONa), sedikit butanol (C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>OH) dan butil etanoat (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>2</sub>) yang kemudian dialirkan ke Unit Pengolahan Limbah (UPL). Selanjutnya, fasa ringan DC-301 dimurnikan lagi di MD-301. Distilat MD-301 berupa butanol (C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>OH), sejumlah kecil butil etanoat (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>2</sub>) dan H<sub>2</sub>O yang kemudian didaur ulang menuju RE-201. Produk bawah MD-301 adalah butil etanoat (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>2</sub>) dengan kemurnian 99% dan impuritas berupa butanol (C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>OH) 1%.



**Gambar 2.1** Diagram Alir Pembuatan Butil Etanoat

## BAB III

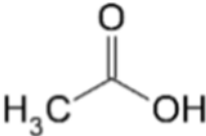
### SPEKIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK

#### 3.1. Spesifikasi Bahan Baku Utama

##### a. Asam Asetat

Nama lain : Asam Asetat

Rumus Molekul : CH<sub>3</sub>COOH

Struktur Kimia : 

Berat Molekul : 60 g/mol

Bentuk : Cairan

Kemurnian : 99%

Air : 1%

Titik Didih : 118°C

Titik Beku : 16,7°C

Densitas : 1,49 kg/m<sup>3</sup>

Kelarutan, 25°C : 0,789 gr/100 gr air

MSDS :



- Hazard Statement* : - Cairan dan uap yang mudah terbakar.
- Menyebabkan luka bakar kulit yang parah dan kerusakan mata.
  - Berbahaya jika terhirup.
  - Berbahaya bagi kehidupan akuatik.
- Precautionary* : - Jauhkan dari panas, percikan api, nyala api terbuka, permukaan yang panas. Dilarang merokok.
- Jaga agar wadah tetap tertutup rapat.
  - Wadah pentanahan/ikatan, peralatan penerima.
  - Gunakan peralatan listrik, ventilasi, penerangan yang tahan ledakan.
  - Gunakan hanya alat yang tidak memicu.
  - Lakukan tindakan pencegahan terhadap muatan listrik statis.
  - Jangan menghirup kabut, uap, semprotan.
  - Cuci kulit yang terpapar secara menyeluruh setelah penanganan.
  - Gunakan hanya di luar ruangan atau di area yang berventilasi baik.
  - Hindari pelepasan ke lingkungan.
  - Kenakan sarung tangan pelindung/pakaian pelindung/pelindung mata/pelindung wajah.


(Lab Chem; PT Indo Acidatama; Seidell, 1919)



**b. N-Butanol**

Nama Lain : N-Butyl Alcohol AR, 1-Butanol, Butanol,  
Propylcarbinol, Butan-1-ol, BuOH

Rumus Molekul :  $C_4H_9OH$

Struktur Kimia : 

Berat Molekul : 74 g/mol

Bentuk : Cairan

Kemurnian : 99,5%

Air : 0,05%

Titik Didih : 117,7°C

Titik Beku : -89,03°C

Densitas : 810 kg/m<sup>3</sup>

Viskositas : 2,573 mPa.s

Kelarutan, 50°C : 6,54 gr/100 gr air

MSDS :



*Hazard Statement* : - Cairan dan uap mudah menyala.

- Berbahaya jika tertelan.

- Menyebabkan iritasi kulit.

- Menyebabkan kerusakan mata yang serius.

- Dapat menyebabkan iritasi pada saluran pernafasan.

- Dapat menyebabkan mengantuk dan pusing.

*Precautionary* : - Jauhkan dari panas/percikan/api terbuka  
/permukaan yang panas. Dilarang merokok.  
- Pakai pelindung mata.

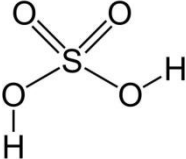
(Smart-Lab Indonesia; PT Petro Oxo Nusantara; Stephenson, 1986)

### 3.2. Spesifikasi Bahan Baku Penunjang

#### a. Asam Sulfat

Nama Lain : Hydrogen sulfate, Oil of vitriol, Chamber acid

Rumus Molekul :  $H_2SO_4$

Struktur Kimia : 

Berat Molekul : 98 g/mol

Bentuk : Cairan

Kemurnian : 98%

Air : 2%

Warna : Tidak berwarna sampai sedikit kuning

Titik Didih : 338°C

Titik Beku : 10,36°C

Densitas : 1.837 kg/m<sup>3</sup>

Viskositas : 24 mPa.s

Kelarutan, 10°C : 99,75 gr/100 gr air

MSDS :



*Hazard Statement* : - Dapat korosif terhadap logam.  
 - Menyebabkan luka bakar parah pada kulit dan kerusakan mata.

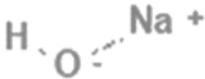
*Precautionary* : - Pakai sarung tangan pelindung/pakaian pelindung/pelindung mata/pelindung wajah.

(Smart-Lab Indonesia dan PT Petrokimia Gresik)

## b. Natrium Hidroksida

Nama Lain : Sodium hydroxide, caustic soda

Rumus Molekul : NaOH

Struktur Molekul : 

Berat Molekul : 40 g/mol

Bentuk : Larutan

Kemurnian : 48% berat

Air : 52%

Titik Didih : 1.390°C

Titik Lebur : 322°C

Densitas : 2.130 kg/m<sup>3</sup>

Viskositas : 78 mPa.s

MSDS : 

*Hazard Statement* : - Dapat korosif terhadap logam.

- Menyebabkan luka bakar parah pada kulit dan kerusakan mata.

*Precautionary* : - Pakai sarung tangan pelindung/pakaian pelindung/pelindung mata/pelindung wajah.

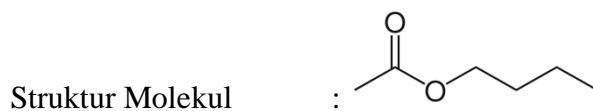
(Smart-Lab Indonesia dan PT Tjiwi Kimia)

### 3.3. Spesifikasi Produk

#### Butil Etanoat

Nama Lain : N-butyl asetat

Rumus Molekul :  $C_6H_{12}O_2$



Berat Molekul : 116 g/mol

Bentuk : Cairan

Kemurnian : 99%

Titik Didih : 126°C

Titik Beku : -76,3°C

Densitas : 882,5 kg/m<sup>3</sup>

Viskositas : 0,685 mPa.s

Kelarutan, 50°C : 0,50 gr/100 gr air



*Hazard Statement* : - Cairan atau uap mudah menyala.

- Dapat menyebabkan rasa mengantuk dan pusing.

- Precautionary*
- Membahayakan makhluk dalam air.
  - : - Jauhkan dari panas, permukaan panas, percikan, api terbuka dan sumber penyulut lainnya.
  - Dilarang merokok.
  - Hindarkan menghirup debu/asap/gas/kabut
  - Gunakan sarung tangan pelindung/baju pelindung/kaca mata pelindung/pelindung wajah.

(Material Safety Data Sheet Butil Asetat; Stephenson, 1986)

## **BAB X**

### **SIMPULAN DAN SARAN**

#### **10.1. Simpulan**

Berdasarkan hasil analisis ekonomi yang telah dilakukan terhadap Prarancangan Pabrik Butil Etanoat dari Butanol dan Asam Asetat dengan kapasitas produksi 44.000 ton/tahun dapat ditarik simpulan sebagai berikut:

1. *Percent Return on Investment* (ROI) sebelum pajak sebesar 31,36% dan setelah pajak 25,08%.
2. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak 2,03 tahun dan setelah pajak 2,41 tahun.
3. *Break Even Point* (BEP) sebesar 45,38% dimana syarat umum pabrik di Indonesia adalah 30 – 60% kapasitas produksi. *Shut Down Point* (SDP) sebesar 27,71%, yakni batasan kapasitas produksi 20 – 30% sehingga pabrik masih dapat berproduksi karena mendapat keuntungan.
4. *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCF) sebesar 32,16%, lebih besar dari suku bunga bank sekarang, sehingga investor akan lebih memilih untuk berinvestasi ke pabrik ini dari pada ke bank.

## 10.2. Saran

Berdasarkan hasil simpulan di atas, Prarancangan Pabrik Butil Etanoat dari Butanol dan Asam Asetat dengan kapasitas produksi 44.000 ton/tahun diharapkan segera dicarikan investor untuk didirikan karena memiliki potensi yang cukup baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, S., & Ratnawati, E. (2013). Metode Buffer Index Untuk Menentukan Volum Tangki Pada Proses Netralisasi Air Limbah. *Jurnal Kimia dan Kemasan*, 8-16.
- Alfa Laval. (2001). *Pump Handbook*. USA: Alfa Laval.
- Aries, R. S., & Newton, R. D. (1995). *Chemical Engineering Cost Estimation*. McGraw Hill Company: New York.
- Bachus, L., & Custodio, A. (2003). *Know and understand centrifugal pumps*. Elsevier.
- Badan Pusat Statistik. (2023). *Statistic Indonesia*. [www.bps.go.id](http://www.bps.go.id). Indonesia.
- Banchero, B. (1955). *Chemical Engineering Series*. Mc Graw Hill in Chemical Engineering. New York.
- Bokade, V.V. (2016). A Single Step Process for The Preparation of Butyl Acetate, World Intellectual Property Organization, Patent No. WO 2016/038629. [bpsdm.pu.go.id](http://bpsdm.pu.go.id) diakses pada 20 Februari 2024.
- Branan, C. (2002). *Rules Of Thumb for Chemical Engineers 3<sup>ed</sup>*. Gulf Professional Publishing an imprint of Elsevier Science: Amsterdam.
- Broughton, J. (Ed.). (1994). *Process utility systems: Introduction to design, operation, and maintenance*. Institute of Chemical Engineers: United Kingdom.
- Brown, G.G. (1950). *Unit Operations*. John Wiley & Sons: New York.
- Brownell, L. E., & Young, E. H. (1959). *Process equipment design: vessel design*. John Wiley & Sons: New York.
- Chan, A., & Seider, W. D. (2004). Batch manufacture of propylene glycol. *Department of Chemical and Biomolecular Engineering University of Pennsylvania, Pennsylvania*.



- Cheremisinoff, N.P. (2003). *Handbook of Water and Wastewater Treatment Technologies*. United States of America: Butterworth-Heinemann
- Coulson, J. M., & Richardson, J. F. (1983). *Chemical Engineering*, Vol. 6. Pergamon Press: Oxford.
- Coulson, J.M., and Richardson, J.F., (2005), *Chemical Engineering*, Vol 6, Pergamon International Library: New York.
- Felder, R. M. & Rousseau R. W. (2000). *Elementary Principles of Chemical Process*, 3<sup>rd</sup> Edition. John Wiley & Sons, Inc: New York.
- Fogler, H. S. (1999). *Elements of Chemical Reaction Engineering*, 3<sup>rd</sup> ed. Prentice Hall P.T.R: New Jersey.
- Geankoplis, C. J. (1993). *Transport Processes and Unit Operation* 3<sup>rd</sup> ed. Prentice-Hall International, Inc: New Jersey.
- Google Maps, (2023) diakses 2 Februari 2024.
- Goto, S., Tagawa, T., & Yusoff, A. (1991). Kinetics of the Esterification of Palmitic Acid with Isobutyl Alcohol. *International Journal of Chemical Kinetics*, 23(1), 17-26.
- Himmelblau, D. M. & Riggs, J. B. (2004). *Basic Principles And Calculations In Chemical Engineering*. Prentice Hall: NewYork.
- Himmelblau, D. M. (1996). *Basic Principles and Calculation in Chemical Engineering*. New Jersey: Prantice Hall.
- <http://water.me.vccs.edu/.com> diakses 17 Januari 2024.
- <https://petrokimia-gresik.com> diakses pada 2 Agustus 2023.
- <https://toweringskills.com/financial-analysis/cost-indices/> diakses 14 Februari 2024.
- <https://www.seesenchem.com> diakses 17 Januari 2024.
- Ifa, L. & Nurdjannah. (2019). *Ekonomi Pabrik*. Wade Publish: Indonesia.
- Joshi, M.V. (1981). *Proses Equipment Design*. McGraw Hill Company Ltd.
- Karassik, Igor dkk. (2001). *Pump Handbook*. McGraw-Hill Book Company: USA.
- Kepdal 2000 No. 113 Pedoman Teknis Laboratorium.
- Kern, D. Q. (1965). *Process Heat Transfer*. Mc Graw-Hi Book Company: New York.

- Kister, H. Z., Joe R., Haas, David R., Hart, & David R., Gill. (1992). *Distillation design* (Vol. 1, p. 340). McGraw-Hill: New York.
- Lab Chem. (1998). *Acetic Acid: Safety Data Sheet*. Diakses 2 Agustus 2023.
- Leyes, C. E., & Othmer, D. F. (1945). Esterification of Butanol and Acetic Acid. *Industrial & Engineering Chemistry*, 37(10), 968-977.
- Ludwig, E.E. (1995). *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants*, Vol 1, 3<sup>ed</sup>. Gulf Professional Publishing.
- McCabe, Warren L. (1993). *Unit Operation of Chemical Engineering*, 3<sup>rd</sup> ed. McGraw Hill Book Company, Inc: Tokyo.
- Megyesy, E. F. (1983). *Pressure Vessel Handbook*. Publishing Inc: USA.
- Peraturan Menteri Kesehatan No. 32 Tahun 2017. Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua, dan Pemandian Umum
- Perry, R. H. & Green, D. W. (1997), *Perry's Chemical Engineers' Handbook*, 7<sup>th</sup> ed. McGraw-Hill Book Company: New York.
- Perry, R. H. & Green, D. W. (2008). *Perry's Chemical Engineers' Handbook*, 8<sup>th</sup> ed. McGraw-Hill Companies, Inc: United State.
- Peters, M. S. & Timmerhaus, K. D. (1991). *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*, 4<sup>th</sup> ed. McGraw Hill Book Co. Inc: New York.
- Peters, M. S. & Timmerhaus, K. D. (2003), *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*, 5<sup>th</sup> ed. McGraw Hill Companies: New York.
- Powell, S. T. (1954). *Water Conditioning for Industri*, 1<sup>st</sup> ed. McGraw-Hill Book Company, Inc: New York.
- Pubchem, diakses pada 17 Januari 2024.
- Puspita Sari, A. (2010). Kinetika Reaksi Esterifikasi Pada Pembuatan Biodiesel dari Minyak Dedak Padi.
- Rase, F. H. (1977). *Chemical Reactor Design for Process Plant vol. 1 & 2*. John Wiley & Sons: New York.
- Saleh, A. (2022). *Dinamika Molekul*. ISBN 9786230909627.
- Sancheti, N.V., Shirsat, S.P., & Awachar, D.D., (2015). 'Simulation of Butyl Acetate and Methanol Production by Transesterification Reaction via

- Conventional Distillation Process', *International Journal of Innovation in Engineering Technology*, vol 5, p. 278-283.
- Seidel, A. (1919). *Solubilities of Inorganic and Organic Compounds*. D. Van Nostrand Company: New York.
- Severn, W. H., Degler, H.E. & Miles, J.C. (1954). *Steam, Air and Gas Power*, 5<sup>th</sup> ed.
- Smart-Lab. (2017). Lembar Data Keselamatan Bahan Kimia, menurut Peraturan (UE) No. 1907/2006.
- Smith, J. M., H. C. Van Ness & M.M Abbott. (2005). *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*. 7<sup>th</sup> ed. McGraw-Hill: Boston.
- Smith, Robin. (2005). *Chemical Process Design and Integration*. School of Chemical Engineering and Analytical Science. University of Manchester. Manchester.
- Stephenson, R. & Stuart, J. (1986). Mutual binary solubilities: water-alcohols and water-esters. *Journal of chemical and engineering data*, 31(1), 56-70.
- Sukamta. (2015). Pompa-centrifugal. Staff UNY: Yogya.
- Towler, G. & Sinnott, R. (2013). *Chemical Engineering Design*, 2<sup>nd</sup> ed., Elsevier.
- Treyball, R. E. (1981). *Mass Transfer Operation*, 3<sup>rd</sup> ed. McGraw-Hill Book Company: Singapore.
- Ulrich, G. D. (1984). *A Guide To Chemical Engineering Process Design and Economics*, John Wiley and Sons Inc: Kanada
- Vilbrandt, F.C. & Dryden, C.E. (1959). *Chemical Engineering Plant Design*, 4<sup>th</sup> ed, McGraw Hill International Book Company, Kogakusha Ltd: Tokyo
- Walas, S. M. (1990). *Chemical Process Equipment*. 3<sup>rd</sup> ed. Butterworth-Heinemann Series in Chemical Engineering: USA.
- Wang, L, K. (2008). *Gravity Thickener, Handbook of Enviromental Engineering*, Vol. 6<sup>th</sup>. The Humana Press Inc: New Jersey.
- Wilson, E. T. (2005). *Clarifier Design*. Mc Graw Hill Book Company: London.
- [www.acidatama.co.id](http://www.acidatama.co.id), diakses pada 2 Agustus 2023.
- [www.alibaba.com](http://www.alibaba.com), diakses 28 September 2023.
- [www.atbbatam.com](http://www.atbbatam.com), diakses pada 10 Desember 2024.
- [www.eonchemicals.com](http://www.eonchemicals.com). diakses 15 Januari 2024.

[www.ocw.ui.ac.id](http://www.ocw.ui.ac.id), diakses pada 10 Desember 2024.

[www.pon.co.id](http://www.pon.co.id), diakses pada 2 Agustus 2023.

[www.statista.com](http://www.statista.com), diakses 14 Februari 2024.

[www.suezwaterhandbook.com](http://www.suezwaterhandbook.com), diakses pada 17 Januari 2024.

[www.tjiwi.co.id](http://www.tjiwi.co.id), diakses pada 2 Agustus 2023.

Yaws. (1999). *Thermodynamics and Physical Properties Data*. McGraw Hill Book. Co: Singapore.